

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Flávio Augusto Diniz Moreira

**ESCOLHA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA PREFEITURAS
DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte
2025

Flávio Augusto Diniz Moreira

**ESCOLHA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA PREFEITURAS
DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Tecnologia na Construção Civil. Linha de pesquisa: Materiais de Construção Civil

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco

Coorientador(a): Prof(a). Dr(a). Cristiane Machado Parisi Jonov

Belo Horizonte

2025

M838e	<p>Moreira, Flávio Augusto Diniz. Escolha de aeronave remotamente pilotada para prefeituras da Região Metropolitana de Belo Horizonte [recurso eletrônico] / Flávio Augusto Diniz Moreira – 2025. 1 recurso online (174 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco. Coorientadora: Cristiane Machado Parisi Jonov.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Inclui bibliografia.</p> <p>1. Construção civil – Teses. 2. Materiais de construção – Teses. 3. Sustentabilidade e meio ambiente – Teses. 4. Redução de gases do efeito estufa – Teses. 5. Aeronave não tripulada – Teses. 6. Belo Horizonte, Região Metropolitana de (MG) – Teses. I. Branco, Luiz Antônio Melgaço Nunes. II. Parisi Jonov, Cristiane Machado. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 691(043)</p>
-------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO FLÁVIO AUGUSTO DINIZ MOREIRA

Realizou-se no dia 29 de agosto de 2025 às 08:00 horas, via plataforma online com interação em áudio e vídeo (Microsoft Teams) a defesa de dissertação intitulada ESCOLHA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA PARA PREFEITURAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, apresentada por FLÁVIO AUGUSTO DINIZ MOREIRA, número de registro 2023673466, como requisito para a obtenção do grau de Mestre junto ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, à seguinte Comissão Examinadora: Dr. Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco (Orientador), Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov (Coorientadora), Dr. Adriano de Paula e Silva e Dra. Gláucia Nolasco de Almeida Mello.

A Comissão considerou a dissertação:

(x) Aprovada

() Reprovada

Finalizados os trabalhos, foi lavrada a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada eletronicamente pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 29 de agosto de 2025.

Luiz Antonio Melgaco
Nunes
Branco:48639435634

Assinado de forma digital por Luiz
Antonio Melgaco Nunes
Branco:48639435634
Dados: 2025.10.20 19:13:54 -03'00'

Prof. Dr. Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco (Orientador) – PPGCC/UFMG

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTIANE MACHADO PARISI JONOV
Data: 21/10/2025 20:10:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Cristiane Machado Parisi Jonov (Coorientadora) – PPGCC/UFMG

**ADRIANO DE PAULA
E SILVA:36512460600** Assinado de forma digital por
ADRIANO DE PAULA E
SILVA:36512460600
Dados: 2025.10.20 21:03:20 -03'00'

Dr. Adriano de Paula e Silva – Aposentado do DEMC/UFMG

Documento assinado digitalmente
gov.br GLAUCIA NOLASCO DE ALMEIDA MELLO
Data: 26/10/2025 16:57:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Gláucia Nolasco de Almeida Mello – PUCMINAS

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA TERESA PAULINO AGUILAR
Data: 07/11/2025 19:23:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura da Coordenação do PPG

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que contribuiu para o sucesso deste trabalho, em especial àqueles profissionais vinculados ao Departamento de Engenharia de Materiais e Construção (DEMC). Também sou grato à CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

As tentativas e aplicações com êxito de práticas sustentáveis são uma preocupação mundial atualmente. Estas, em muitas das vezes, promovem um menor consumo de recursos naturais, quando inseridas em atividades tradicionais, que a princípio não teriam a adequada preocupação com a sustentabilidade. E esse menor consumo está ligado não só a um menor gasto de recursos naturais, mas também a menores gerações de gases que promoveriam o efeito estufa. A diminuição deste, que está excessivo no planeta e a própria preservação dos recursos são contribuições diretas com a sustentabilidade. As aeronaves pilotadas remotamente, conhecidas popularmente como *drones*, representam um meio para isto e sua utilidade cresce em diversas áreas do trabalho humano. Uma delas é a engenharia civil. E especificamente sobre esta, há um uso relacionado diretamente a aplicação em prefeituras. Os *drones* podem, neste caso, ser instrumentos para a topografia, fiscalização de obras públicas, particulares, dentre outros trabalhos municipais. Sendo assim, é importante que os projetos respectivos sejam flexíveis e considerem o uso da aeronave mais adequada desde o início de suas implementações. A presente dissertação abrange uma pesquisa sobre os tipos de aeronaves remotamente pilotadas existentes, indicando que o tipo multirrotor é o mais apropriado para uso em prefeituras da Região Metropolitana de Belo Horizonte. A pesquisa contempla também aspectos de legislação referentes às aeronaves em questão e principais tecnologias passíveis de uso por elas, num contexto específico da região em questão. Ainda, quais já são usadas nas prefeituras em foco, além de outras passíveis de uso visando as que têm um melhor conjunto de características para tal. A metodologia mostra porque a Região Metropolitana de Belo Horizonte pode ser considerada homogênea para o estudo em foco, além de envolver os 12 melhores modelos de aeronaves levantados pela pesquisa no contexto pretendido do trabalho. As informações de suas características são transformadas em dados e estes trabalhados de modo a gerarem um resultado indicativo da melhor máquina a ser utilizada nas prefeituras da Região Metropolitana de Belo Horizonte, além de ranquear as demais com o mesmo propósito.

Palavras-chave: *Drones*; engenharia civil; prefeituras; Região Metropolitana de Belo Horizonte.

ABSTRACT

The successful attempts and applications of sustainable practices are a worldwide concern today. These, in many cases, promote a lower consumption of natural resources, when inserted in traditional activities, which at first would not have adequate concern for sustainability. And this lower consumption is linked not only to a lower expenditure of natural resources, but also to lower generation of gases that would promote the greenhouse effect. The reduction of these gases, which is excessive on the planet, and the preservation of resources are direct contributions to sustainability. Remotely piloted aircraft, popularly known as drones, represent a means for that and their utility has been growing in several areas of human work. One of them is civil engineering. Specifically about this one, there is a use directly related to the application in city halls. Drones can, in this case, be instruments for topography, inspection of public and private constructions, among other municipal works. Therefore, it is important that the respective projects are flexible and consider the use of the most appropriate aircraft from the beginning of their implementations. This dissertation covers research on the types of remotely piloted aircraft currently available, indicating that the multi-rotor type is the most appropriate for use in municipal governments in the Belo Horizonte Metropolitan Region. The research also covers aspects of legislation related to the aircraft in question and the main technologies they can use in a specific context within the region. It also examines which aircraft are already in use in the target municipalities, as well as others that can be used, focusing on those with the best set of characteristics. The methodology demonstrates why the Belo Horizonte Metropolitan Region can be considered homogeneous for the study in question, also involve the 12 best aircraft models identified by the research within the intended context of the work. The information on their characteristics is transformed into data, which is processed to generate a result indicating the best aircraft for use in the Belo Horizonte Metropolitan Region's municipal governments, besides ranking others for the same purpose.

Keywords: Drones; civil engineering; city hall; Metropolitan Region of Belo Horizonte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de RPA.....	17
Figura 2 – Gráfico pizza sobre a investigação literária da RPA.....	21
Figura 3 – Exemplo de RPA tipo multirroto	22
Figura 4 – Exemplo de três RPA do tipo asa fixa	23
Figura 5 – Exemplo de RPA do tipo híbrida	25
Figura 6 – Termografia feita por RPA na inspeção de construção	27
Figura 7 – Diferença entre os dois modelos mais comuns de RPA (asa fixa e multirroto).....	31
Figura 8 – Espaço de responsabilidade do proprietário do edifício	33
Figura 9 – Demonstração de pixels	35
Figura 10 – Demonstração de GSD	36
Figura 11 – Demonstração da “distância focal”	37
Figura 12 – Representação do cálculo para altura de voo	38
Figura 13 – Distância mínima de terceiros	40
Figura 14 – Tipos de operação em RPA	41
Figura 15 – Condições perigosas para voo	42
Figura 16 – Interferência Eletromagnética sendo emitida e captada por equipamento	43
Figura 17 – Turbulência entre prédios.....	44
Figura 18 – Vento sobre prédios altos.....	45
Figura 19 – Matriz de tolerabilidade para orientação de avaliação de risco...	55
Figura 20 – Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas zonas urbanas	66
Figura 21 – Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas zonas rurais	67
Figura 22 – Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte	68
Figura 23 – Mapa topográfico e de relevo de Minas Gerais com indicação de localização da RMBH (entorno de Belo Horizonte)	69
Figura 24 – Mapa das isopetas de velocidade básica do vento no Brasil	70
Figura 25 – Divisão municipal entre núcleo e colar metropolitano (RMBH)...	71
Figura 26 – Divisão municipal sobre a concentração populacional	

do núcleo e colar metropolitano (RMBH)	72
Figura 27 – Classificação dos municípios que constituem a RMBH e o colar metropolitano segundo número de habitantes.....	73
Figura 28 – RMBH e colar metropolitano apresentando ligações viárias segundo o DER/MG e malha urbana de acordo com a EMBRAPA	74
Figura 29 – Utilização da RPA <i>Phantom 4 Pro V2.0</i> por meio de seu controle remoto.....	78
Figura 30 – Imagem detalhada do drone <i>Mavic 3 Pro</i>	79
Figura 31 – Imagem detalhada do drone <i>Mini 3 Pro</i>	79
Figura 32 – Foto da aeronave <i>Phantom 4 RTK</i> em uso	80
Figura 33 – Foto da aeronave <i>DJI Air 3</i> em detalhe	81
Figura 34 – Foto da aeronave <i>DJI Avata</i> em detalhe	82
Figura 35 – Foto da aeronave <i>DJI Inspire 3</i> em uso por um piloto e um observador controlador de câmera.....	83
Figura 36 – Foto detalhada da aeronave <i>DJI FPV</i>	84
Figura 37 – Ilustração detalhada da aeronave <i>ANAFI Ai</i>	84
Figura 38– Ilustração detalhada da aeronave <i>ANAFI USA</i>	85
Figura 39 – Ilustração detalhada da aeronave <i>Skydio X10</i>	86
Figura 40 – Ilustração detalhada da aeronave <i>Skydio 2+</i>	86
Figura 41 – Quadro de matriz <i>SWOT</i> da RMBH	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os 12 modelos de RPA avaliados e seus parâmetros	88
Tabela 2 – Os 12 modelos de RPA avaliados e seus parâmetros com dados percentuais	89
Tabela 3 – Os 12 modelos de RPA avaliados e ranqueados, com suas respectivas pontuações.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEV – Autorização Especial de Voo
AGL – *Above Ground Level*, Estados Unidos da América
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
ATC – *Air Traffic Control*, Estados Unidos da América
ATS – *Air Traffic System*, Estados Unidos da América
BIM – Modelagem de Informação da Construção
BRLOS – Operação Além da Linha de Visada Rádio
BVLOS – Operação Além da Linha de Visada Visual
CA – Certificado de Aeronavegabilidade
CAU – Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CAVE – Certificado de Autorização de Voo Experimental
CM – Certificado de Matrícula
CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DECEA – Departamento Estadual de Controle do Espaço Aéreo
DER/MG – Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais
DIAM – Declaração de Inspeção Anual de Manutenção
DJI – *Da-Jiang Innovations*, Hong Kong (China)
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMI – *Eletromagnetic Interference*, Estados Unidos da América
EVLOS – Operação em Linha de Visada Visual Estendida
FAA – *Federal Aviation Administration*, Estados Unidos da América
FPV – First Person View, Estados Unidos da América
GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS – *Global Positional System*, Estados Unidos da América
GSD – *Ground Sample Distance*, Estados Unidos da América
IA – Inteligência Artificial
IAM – Inspeção Anual de Manutenção
IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia
IS – Instrução Suplementar

MCA – Manual do Comando da Aeronáutica

MG – Minas Gerais

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*, Estados Unidos da América

NBR – Norma Brasileira

PR – Prática Recomendada

Prodabel – Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RLOS – Operação em Linha de Visada Rádio

RPA – Aeronaves Remotamente Pilotadas

RPAS – Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas

RPS – *Remote Pilot Station*, Estados Unidos da América

SARPAS – Sistema de Acesso ao Espaço Aéreo por Aeronaves Remotamente Pilotadas

SISANT – Sistema de Aeronaves não Tripuladas

UA – *Unmanned Aircraft*, China

UAS – *Unmanned Aircraft Systems*, China

VANT – Veículo Aéreo não Tripulado

VLOS – Operação em Linha de Visada Visual

VTOL – *Vertical Take-Off and Landing*, Estados Unidos da América

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Ampere

B – byte

dB – decibel

dBm – decibel miliwatt

f – abertura de câmera

g – grama

G – giga

h – hora

hz – hertz

K – mil

kg – quilograma

km – quilômetro

lb – libra

LiCoO₂ – óxido de lítio e cobalto

LiNiMnCoO₂ – óxido de lítio níquel manganês e cobalto

LiPo – polímero de lítio

lux – iluminância

m – metro

M – mega

mAh – miliampere-hora

mi – milha

min – minuto

mm – milímetro

mph – milha por hora

ms – milisegundo

nit – candela por metro quadrado

P – pixel

ppi – pixel por polegada

ppm – parte por milhão

qps – quadros por segundo

rpm – rotações por minuto

s – segundo

T – tera

V – volt

W – watt

° – grau

°C – grau celsius

°F – grau Fahrenheit

μ - micro

∞ – infinito

” – polegada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.2 Tecnologias da engenharia civil na RPA.....	22
3.2.1 <i>Tipos de RPA usados pela engenharia civil</i>	22
3.2.2 <i>Fotogrametria</i>	25
3.2.3 <i>Termografia</i>	26
3.3 Legislação e normalização nacionais.....	28
3.3.1 <i>Normas e recomendações de institutos de engenharia</i>	28
3.3.1.1 <i>Generalidades</i>	28
3.3.1.2 <i>Aspectos legais e de segurança do voo</i>	31
3.3.1.3 <i>Metodologia da Inspeção Predial, Perícia e Vistoria Cautelar</i>	33
3.3.1.4 <i>Orientações para o uso de RPA</i>	34
3.3.2 <i>Orgãos de controle nacionais e procedimentos legais</i>	46
3.3.2.1 <i>ANAC</i>	46
3.3.2.2 <i>DECEA</i>	57
3.4 Características gerais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).....	68
3.5 Utilização da RPA pelas prefeituras das cidades da RMBH.....	74
3.6 RPA disponíveis no mercado passíveis de uso para o caso do presente trabalho.....	77
3.6.1 <i>Phantom 4 Pro V2.0</i>	78
3.6.2 <i>Mavic 3 Pro</i>	78
3.6.3 <i>DJI Mini 3 Pro</i>	79

3.6.4 Phantom 4 RTK	80
3.6.5 DJI Air 3.....	80
3.6.6 DJI Avata	81
3.6.7 DJI Inspire 3.....	82
3.6.8 DJI FPV	83
3.6.9 ANAFI Ai.....	84
3.6.10 ANAFI USA.....	85
3.6.11 Skydio X10.....	85
3.6.12 Skydio 2+.....	86
4 METODOLOGIA	87
5 RESULTADOS	95
6 CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXO A – Características técnicas totais das RPA empregadas na metodologia	103

1 INTRODUÇÃO

A utilização das aeronaves remotamente pilotadas (RPA), representação dada pela Figura 1, conhecidas popularmente como *drones*, vem crescendo em diversos campos tecnológicos, que por sua vez, abrangem em muitos dos casos a engenharia civil. Uma dessas áreas é o uso da RPA envolvendo a engenharia civil relacionada aos órgãos públicos, como no caso de prefeituras. Neste, um sistema de RPA tem o potencial de aperfeiçoar os serviços de engenharia tradicionalmente prestados.

Possivelmente, os primeiros *drones* adquiridos por uma prefeitura, para serviços iniciais relativamente simples; podem não conseguir realizar serviços futuros mais complexos ou mesmo nem ser adaptáveis para tais.

Então, uma pesquisa procedida de um adequado levantamento de dados e subsequente tratamento deles por meio matemático pode gerar como resultado um modelo pretendido de RPA que teria características mínimas necessárias para desempenhar com êxito as atividades de engenharia contempladas em um projeto inicial e flexível de um sistema de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS) em prefeituras. A dissertação em questão tem como objetivo principal a identificação deste modelo, dentre os existentes, para o caso de cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

E quando o RPAS é implantado neste caso, pode adicionar um caráter sustentável ao aperfeiçoamento dos serviços tradicionalmente prestados. Isso, porque promovem uma redução dos recursos necessários (humanos ou materiais) para uma mesma atividade. Além disso, podem gerar novas atividades, aprimorando o tipo de trabalho desempenhado.

Sendo assim, a presente dissertação é justificada por diversos motivos. Academicamente, contribui com o fornecimento de informações que auxiliariam o desenvolvimento de documentos acadêmicos futuros; tendo-se em vista que o tema a respeito dos *drones* é relativamente novo, trazendo consigo grande potencial de desenvolvimento em um mundo com grande demanda para este. Sustentavelmente,

por meio da diminuição de recursos necessários a uma mesma atividade (em substituição ao modo tradicional de realizá-las, sem a RPA) advinda do uso das aeronaves em foco. Finalmente, há uma justificativa social (também voltada ao caráter social da sustentabilidade) no sentido de auxiliar diretamente com conhecimento referente à utilização de RPA por parte de órgãos públicos do governo (serviços para o povo), em especial ao tipo de órgão prefeitura.

Figura 1: Exemplo de RPA



Fonte: Adaptado de SKYDIO, 2023a.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho é identificar um modelo de aeronave remotamente pilotada que possua o melhor conjunto de características no sentido de seu emprego exitoso em projetos iniciais flexíveis de Sistemas de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPAS) em prefeituras localizadas na RMBH.

Para obter o objetivo geral será necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisa e levantamento de dados pertinentes ao uso de RPA na engenharia civil;
- Pesquisa e levantamento de dados relevantes sobre o uso de RPA em prefeituras da RMBH e os aspectos pertinentes da região;
- Tratamento estatístico dos dados levantados no sentido de gerar como resultado um modelo de RPA possuidor do melhor conjunto de características a fim de que possa ser implantado em projetos iniciais e flexíveis de RPAS em prefeituras da RMBH.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Revisão da Bibliografia, primeiramente, expõe sobre a história da RPA, passando por seus pontos principais, a fim de ter-se um melhor entendimento da aeronave. Em seguida, as tecnologias mais usadas nela, no que diz respeito à engenharia civil, são abordadas. Após, o assunto será os tipos de *drones* existentes e as exigências e recomendações de uso por parte dos órgãos de controle nacionais. Por fim, as informações de localização, geomorfologia e população da RMBH que podem ser úteis são apresentadas; assim como sobre as RPA já utilizadas pelas prefeituras da região em questão e outras aeronaves passíveis de serem usadas em RPAS vinculados a esses órgãos públicos.

A sustentabilidade está relacionada às RPA, no sentido de que estas contribuem para a diminuição do efeito estufa excessivo presente no mundo. Essa contribuição é dada por meio da substituição de processos tradicionais por novos em que os *drones* têm participação, gerando situações nas quais menos gases de efeito estufa são produzidos ou menos recursos utilizados, para uma mesma atividade. E esse processo ocorre em várias áreas: engenharia, preservação histórica, agricultura, dentre outras. Na engenharia civil, por exemplo, há uma correlação direta com a sustentabilidade no sentido dos seres humanos viverem em ambientes de construções antigas. Manter a eficiência energética delas integra o avanço em direção a um futuro ambientalmente sensível e sustentável na era das mudanças climáticas (Rakha; Gorodetsky, 2018).

Portanto, uma passagem pelo estado da arte correspondente à história dos *drones*, focando na identificação das tecnologias envolvidas, é pertinente para os objetivos da dissertação também em um contexto sustentável.

De acordo com Naughton (2003) a produção dos *drones* remonta à Itália em 1849 durante a primeira guerra da independência italiana na ocasião em que o Império Austríaco desenvolveu um sistema de balões de ar quente não tripulados que lançavam bombas em Veneza. Depois, durante a guerra civil americana e a guerra hispano-americana, balões de ar quente e pipas realizavam coleta e reconhecimento telegráfico.

Corsi (2010) complementa que as necessidades militares foram a força motriz predominante responsáveis pelo desenvolvimento da tecnologia VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) até o século 21. Os únicos desenvolvimentos comerciais eram iterações tecnológicas de brinquedos controlados por rádio frequência.

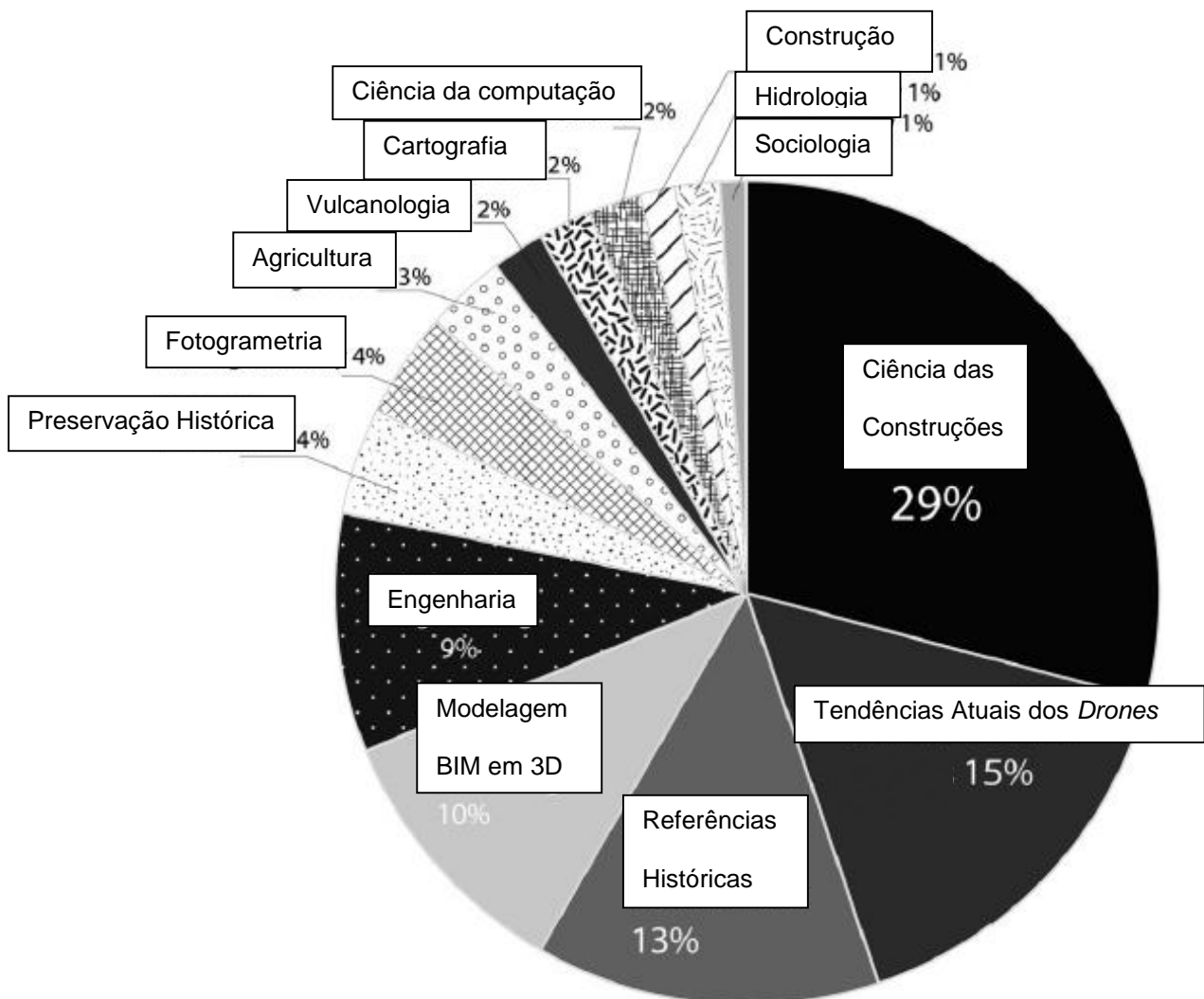
Mac (2015) cita uma nova tecnologia surgida em 2006 em que Frank Wang com a ajuda de amigos, colegas e professores, estabeleceu a tecnologia *DJI (Da-Jiang Innovations)* em seu dormitório na Universidade de Hong Kong de Ciência e Tecnologia. Desde então, *DJI* tem crescido constantemente em influência mundialmente e atualmente é considerada uma empresa líder de *drones* na área comercial.

A partir de então, tecnologias como a fotogrametria e a termografia têm seu uso adaptado e assim incorporado aos *drones*. A evolução dessas e outras tecnologias da RPA foi muito significativa. O Congresso dos EUA aprovou a Lei de Modernização da Administração da Aviação Federal (FAA) em 2012 exigindo que este órgão integre pequenos *drones* ao espaço aéreo até o ano 2015 (Dillow). Outro ponto marcante do uso tecnológico relaciona-se diretamente ao serviço *delivery*. A Companhia Amazon anunciou planos para entregar produtos aos seus clientes por meio de uma tarefa composta por *drones* (Wallace, 2013). Finalmente, a utilização dessas aeronaves atualmente é bastante diversa. Rakha; Gorodetsky (2018) descreve uma literatura investigada por disciplina para 92 publicações. A busca por fontes iniciou como uma ampla investigação a fim de compreender os diversos usos da termografia, benefícios do VANT e procedimentos gerais aplicados tecnologicamente. O resultado aponta que 29% das fontes estavam principalmente preocupadas com o processo e o raciocínio vinculados a auditorias de construção. Outros 15% analisaram as tendências atuais de VANT. Antecedentes históricos e desenvolvimento da tecnologia

VANT corresponderam a 13%. Foco em 3D e Modelagem de Informação da Construção (BIM) a 10%. Investigações de aplicações para engenharia a 9% e 4% exploraram preservação histórica. Além disso, outros 4% detalharam métodos de fotogrametria e 3% analisaram aplicações para a agricultura. Por fim, os 9% restantes investigaram várias disciplinas incluindo vulcanologia, cartografia, ciência da computação, construção, hidrologia e sociologia.

O gráfico da Figura 2 representa tal investigação literária:

Figura 2: Gráfico pizza sobre a investigação literária da RPA



Fonte: RAKHA; GORODETSKY, 2018.

3.2 Tecnologias da engenharia civil na RPA

A seguir são apresentadas informações a respeito de tecnologias atuais envolvendo os *Drones* e a engenharia civil.

3.2.1 Tipos de RPA usados pela engenharia civil

Atualmente existem três tipos de drones; os de asa fixa, os com multirrotores e os híbridos. O mais indicado para inspeções de construções é o com multirrotores. Estes fazem do VANT um mini-helicóptero, tanto a decolagem como o pouso ocorrem na vertical. É a categoria mais atual de *RPA* mais popular na atualidade e estes equipamentos são amplamente utilizados em produções cinematográficas, publicitárias e mesmo em atividades recreativas por terem a capacidade de pairar no ar, gerando imagens de melhor detalhamento. A sua facilidade de locomoção e a possibilidade de uso em locais de difícil acesso faz deste tipo de *drone* o mais recomendado para inspeções no ambiente da construção civil (IBAPE-MG, 2019).

Ainda de acordo com IBAPE-MG (2019) essas aeronaves podem possuir de três a oito rotores, tendo um motor para cada um. Assim, como pelo menos três rotores são utilizados, o consumo de bateria deste tipo de *RPA* é maior se comparado ao de asa fixa.

A Figura 3 mostra uma imagem de uma típica RPA do tipo multirrotor:

Figura 3: Exemplo de RPA tipo multirrotor



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Dentro da engenharia civil; áreas envolvendo mapeamento aéreo como a gestão urbanística e a topografia em grande escala; são abrangidas preferencialmente por drones do tipo asa fixa. Um site renomado especializado em serviços de RPA, Neto (2023), diz que a dimensão da área faz a diferença quanto ao tipo de aeronave. Cita o mercado de agricultura do Brasil, mencionando ser conhecido por suas grandes extensões de terra, o que exige uma autonomia maior da aeronave. Por outro lado, informa sobre o mercado de topografia, trabalhando com áreas menores e mais pontuais.

Uma aeronave com alta autonomia para sobrevoar grandes áreas é importante porque no mercado de *drones* uma das exigências principais das contratantes é o curto tempo de entrega, os clientes querem o resultado rápido. Uma aeronave com baixa autonomia também exigiria inúmeros voos, o que complicaria no momento de processar dos dados (Neto, 2023).

Finalmente, Neto (2023) fala que uma aeronave de asa fixa seria a recomendada para grandes áreas em função da alta produtividade de mapeamento apresentada pelo tipo de *drone*, e que para as menores o multirotor seria o indicado.

Um site credibilizado sobre mostras de drones apresenta algumas imagens do tipo caracterizado por asa fixa, como as mostradas pela Figura 4:

Figura 4: Exemplo de três RPA do tipo asa fixa



Fonte: PEIXOTO, 2022.

Finalmente, a categoria mais recente de RPA é aquela que incorpora as principais vantagens das duas categorias já citadas (multirotor e asa fixa), denominada *drone* híbrido. Ainda pouco utilizadas na engenharia civil, algumas dessas aeronaves já são empregadas substancialmente em agricultura de alto nível, como apresentado em um site sobre este tipo de agricultura e tecnologia.

O evento Agrishow 2019 expõe o primeiro *drone* híbrido do Brasil, que incorpora em seu sistema de pouso e decolagem a tecnologia VTOL (*Vertical Take Off and Landing*), permitindo decolagens em qualquer lugar incluindo áreas de difícil acesso. Isso ocorre como nos *drones* recreativos, porém sem controle remoto e ao atingir a altura de 80 metros assume características de um voo linear de um VANT de asa fixa. Então, oferece as vantagens de facilidade operacional de modelos pequenos com a capacidade de mapeamento das RPA (Informa Markets (UK) Limited, 2021).

Ainda de acordo com INFORMA MARKETS (UK) LIMITED (2021) a aeronave pode ser equipada com um Sistema de sensores estabilizados que transmitem, em tempo real, vídeo HD nos espectros visível e termal para a tela da estação de comando do operador. Além disso, pode percorrer distâncias num raio máximo de 60 quilômetros, com autonomia de voo de 4 horas.

O mapeamento de grandes áreas agrícolas é possibilitado. Giovani Amianti, engenheiro mecatrônico e CEO da Xrobots, afirma que embarcando câmeras fotográficas no RGB ou nas bandas multiespectrais o *drone* híbrido pode mapear 16000 hectares em um único voo (Informa Markets (UK) Limited, 2021).

Devido ao fato desse tipo de aeronave ser novo e à sofisticação que possui, ainda encontra-se em forte processo de inovação no que diz respeito à sua criação. A utilização ainda não é viável à maioria dos trabalhos envolvendo a engenharia civil. Porém; a agência nacional de administração do espaço aéreo e sideral dos Estados Unidos da América, NASA (*National Aeronautics and Space Administration*); tem como um de seus projetos o aperfeiçoamento de *drones* híbridos, visando o desenvolvimento tecnológico em si e uma maior inserção da aeronave na sociedade. A imagem de uma delas foi extraída do site da organização, apresentada na Figura 5:

Figura 5: Exemplo de RPA do tipo híbrida



Fonte: BARNSTORFF, 2017.

3.2.2 Fotogrametria

A fotogrametria é um processo que pode reconstruir um edifício ou algumas de suas partes de forma minuciosa. É feito por fotos e geometria em modelagem computacional 3D de construções, ambas interligadas (Moreira, 2021). Segundo Roca; Laguela; Días Vilarino; Armesto; Arias (2013) independentemente de sua finalidade ser estrutural ou energética a geometria é uma questão fundamental na fiscalização de edifícios.

Ordóñez; Martínez; Arias; Armesto (2010) complementa dizendo que a obtenção de um modelo 3D capaz de fazer medições de um objeto é gerado por meio de projetos fotogramétricos baseados em fotografias. O processo para gerá-lo consiste em orientá-las, referenciar pontos em duas ou mais imagens e reconstruí-lo por intersecção matemática.

Roca; Lagueta; Días Vilarino; Armesto; Arias (2013) também diz que os dados devem ser adquiridos do edifício tal como está no caso deste já existir, o que minimiza o impacto produzido nele a partir do uso de técnicas não destrutivas. Imagens fotogramétricas de curto alcance, laser de digitalização de dados ou uma combinação de ambos são usados na maioria dos casos. Esses métodos apresentam a principal desvantagem de não incluírem detalhes da edificação em sua totalidade. Oclusões e áreas de difícil acesso onde as medições não são possíveis, como telhados e andares altos, são os principais responsáveis por isso.

Sendo assim, o uso da fotogrametria por *drones* permitiria o acesso a tais áreas para medições. Porém, existem desvantagens. A precisão das medições da técnica é altamente influenciada pelo material e condições de iluminação em vários casos. Por exemplo, há a incapacidade de medição relativa à informações de profundidade de objetos altamente refletivos e do vidro. Essa incapacidade também se dá sob condições de alta luminosidade. Como resultado, a nuvem de pontos gerada (um tipo de pré-imagem) será não uniforme e irregular (Roca; Lagueta; Días Vilarino; Armesto; Arias, 2013). Portanto, a imagem final tende a ser muito menos precisa que seria sem tal inconveniente.

3.2.3 Termografia

A termografia é uma técnica cuja imagem resultante pode ser gerada por sensores infravermelhos (IR), através da diferença de temperatura do objeto (Moreira, p. 13). Segundo Corsi (2010, p. 2): “O indicador mais comum de depredação em qualquer fenômeno físico é a mudança de temperatura, e as ferramentas de imagem térmica podem detectar isso por meio da representação de propriedades de radiância, temporais e superficiais simultaneamente.”

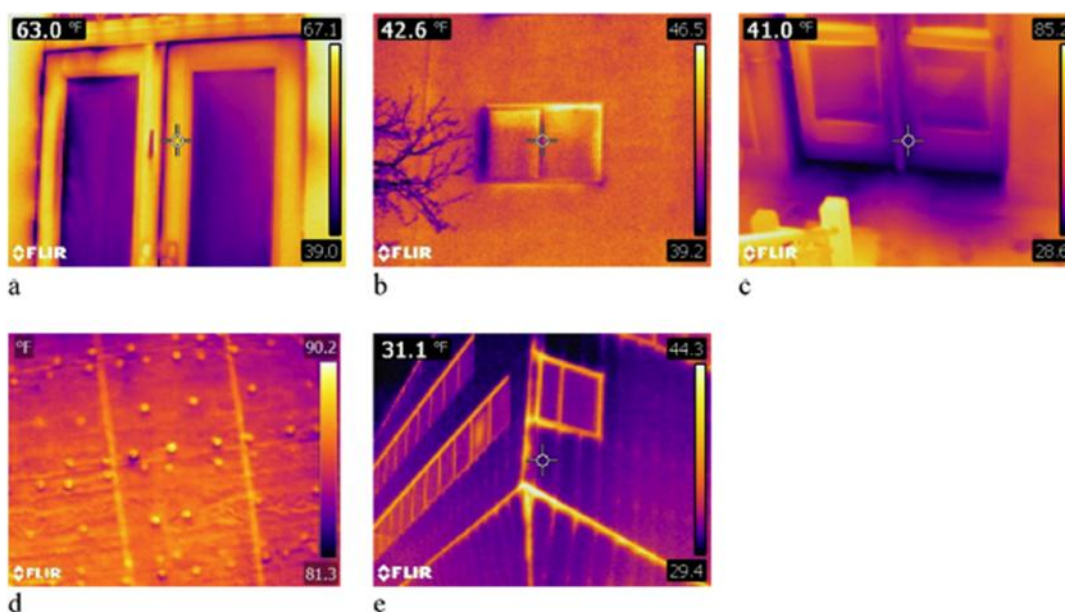
Rakha; Gorodetsky (2018) diz que as RPA já utilizam a termografia em levantamentos prediais porque os sensores IR, com o desenvolvimento da tecnologia, estão ficando cada vez menores e mais leves, possibilitando a realização do processo envolvido. Ma; Li; Tong; Wang; Cheng (2013) complementa afirmando que essas pesquisas,

baseadas em *UAS (Unmanned Aircraft Systems)*, permitem auditoria acelerada com um mínimo de esforço e custo humano; além de sua acessibilidade não se limitar a obstáculos que muitas vezes os humanos encontram, já que drones estão sendo usados.

Há ainda dois tipos de termografia que podem ser utilizados. De acordo com Rakha; Gorodetsky (2018) as auditorias de construção conduzidas com imagens térmicas podem ser executadas usando duas metodologias variadas. Uma observa os padrões térmicos em um estado normal de ambientes construídos, sem estímulos artificiais, denominada termografia passiva. Já a outra, termografia ativa, fornece um estímulo externo, como um aumento no calor, a fim de observar defeitos ocultos tornados claros por um contraste entre temperaturas típicas e extremas.

A inspeção predial relacionada ao monitoramento e manutenção de construção incorpora esse uso passivo, conforme exemplificado pela Figura 6:

Figura 6: Termografia feita por RPA na inspeção de construção



Problemas de acabamento de construção identificados com uma câmera térmica.

- Potencial de infiltração na vidraça e na moldura.
- Falha no lado esquerdo da moldura da janela, criando infiltração.
- Infiltração da porta, com alteração significativa da temperatura do piso.
- Ponte térmica por pregos, que comprometem a cobertura.
- Contraste térmico como resultado de acabamento mal realizado.

Fonte: RAKHA; GORODETSKY, 2018.

3.3 Legislação e normalização nacionais

Certos conhecimentos administrativos e jurisdicionais são relevantes à presente pesquisa. Eles provêm dos órgãos de controle nacionais e dos institutos de engenharia.

3.3.1 Normas e recomendações de institutos de engenharia

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia (IBAPE) possui um arquivo denominado “Prática Recomendada de Inspeção Predial, Vistoria Cautelar e Perícias de Engenharia com uso de VANT’s”. Nele, há informações diretamente relacionadas ao objetivo do presente trabalho. Elas serão citadas a seguir, de acordo com os itens do próprio documento.

3.3.1.1 Generalidades

Um dos campos da engenharia com presença mais forte das RPA atualmente é o de avaliações e perícias, com destaque para a subárea relativa às vistorias cautelares. O documento do IBAPE apresenta, na parte de explicação do objetivo deste, informações que relacionam de modo genérico a vistoria cautelar e o uso de RPA.

A vistoria cautelar é recomendada para o período anterior à realização da obra e como procedimento de prevenção e precaução. Também serve para o caso de pós-conclusão de obra, análises de possíveis acidentes, de patologias, pré-demolições e pós-demolições. Considerando a disseminação do uso de VANT para diferentes aplicações, especialmente na Construção Civil, a Prática Recomendada (PR) estabelece as diretrizes básicas (conceitos, terminologia, convenções, notações, critérios e procedimentos relativos às vistorias cautelares e inspeções prediais. Importante destacar que a utilização dos equipamentos é de exclusiva competência e responsabilidade dos profissionais legalmente habilitados pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), conforme a Lei Federal 5194 de 24/12/1966 e demais resoluções do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA).

Assim como pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), de acordo com a Lei Federal 12378 de 31/12/2010 (IBAPE-MG, 2019).

Ainda de acordo com IBAPE-MG (2019), são destacados os objetivos de definir a metodologia básica aplicável; alertar para a segurança de voo no uso de VANT; instituir a terminologia e conceitos a serem utilizados; além de estabelecer as regras e normas a serem obedecidas.

O instituto IBAPE destaca os seguintes termos e definições, sendo que atualmente o termo RPA é muito mais usado que o VANT:

Drones é uma forma genérica usada para caracterizar qualquer aeronave voando sem a presença de um piloto. Há uma divisão contendo de um lado os não tripulados e do outro os tripulados, sendo estes proibidos pela legislação vigente (IBAPE-MG, 2019).

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) são aeronaves projetadas para trabalhar sem piloto a bordo e sem tripulação. Há aquelas pilotadas remotamente ou programadas para operar sem nenhuma interferência humana, sendo que o modelo sem interferência humana é proibido pela legislação vigente (IBAPE-MG, 2019).

Aeronave Remotamente Pilotada (*RPA*, do inglês, *Remotely Piloted Aircraft*) é uma aeronave não tripulada, utilizada para propósitos não recreativos e pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota (IBAPE-MG, 2019).

E no que diz respeito ao voo da máquina, frisa os seguintes termos:

Observador de VANT é aquele designado pelo Requerente, devidamente treinado, qualificado, conforme às orientações da ANAC, membro da equipe de *RPA* que auxilia o piloto remoto na condução segura do voo, por meio da observação visual de uma Aeronave Remotamente Pilotada (IBAPE-MG, 2019).

Operação em Linha de Visada Visual (*VLOS*) é aquela em que o piloto mantém o contato visual direto sem o uso de lentes ou equipamentos com a aeronave, de modo

a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões entre elas e obstáculos (IBAPE-MG, 2019).

Operação em Linha de Visada Visual Estendida (*EVLOS*) corresponde à situação em uma operação em *VMC* (*Visual Meteorological Conditions*) na qual o piloto remoto, não é capaz de manter o contato visual direto com a Aeronave Remotamente Pilotada sem o uso de lentes ou outros equipamentos auxiliares, necessitando assim do auxílio de observadores de RPA para conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, evitar colisões entre elas e obstáculos. Segue as mesmas regras de uma operação *VLOS* (IBAPE-MG, 2019).



Operação Além da Linha de Visada Visual (*BVLOS*) ocorre quando o piloto da *RPA* não consegue mantê-la dentro do seu alcance visual (IBAPE-MG, 2019).

Na Operação Em Linha De Visada Rádio (*RLOS*) o enlace de pilotagem é caracterizado pela ligação direta (ponto a ponto) entre a Aeronave Remotamente Pilotada e a Estação de Pilotagem Remota (IBAPE-MG, 2019).

E a Operação Além Da Linha De Visada Rádio (*BRLOS*) corresponde a qualquer outra situação na qual o enlace de pilotagem não seja direto entre a Estação de Pilotagem Remota e a Aeronave Remotamente Pilotada. Outros equipamentos (antenas repetidoras de sinal, *RPA*s ou satélites) estabelecem o enlace eletrônico de forma indireta (IBAPE-MG, 2019).

Com relação aos tipos de aeronaves, há um comparativo entre os dois mais comuns mostrados por meio da figura 7:

Figura 7: Diferença entre os dois modelos mais comuns de RPA (asa fixa e multirrotor)

DIFERENÇAS QUANTO A	 ASA FIXA	 MULTIROTOR
Modo de decolagem	Lançamento Horizontal	Decolagem Vertical
Modo de Pouso	Aterrissagem horizontal ou por paraquedas	Pouso Vertical
Áreas de atuação	Mais indicados para áreas extensas e sem obstáculos	Utilizados em pequenas áreas, que exigem melhor mobilidade.
Autonomia de Voo	Fornece maior autonomia	Tempo de voo menor devido ao número de motores
Velocidade	Alcança maiores velocidades	Velocidade menor
Modelo indicado para voos em ambiente urbano	Não	Sim

Fonte: IBAPE-MG, 2019.

3.3.1.2 Aspectos legais e de segurança do voo

Existem três classes diferentes de *RPA's*, cada uma com suas próprias regras de voo, em função do peso máximo de decolagem de cada aeronave. A correspondente ao caso de inspeções prediais e vistorias cautelares é a classe 3:

Conforme o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E 94: 2017) da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) as *RPA* são classificadas de acordo com o peso máximo de decolagem. A classe 1 possui este peso maior que 150 kg; a classe 2 entre 25 kg e 150 kg; a 3, menor ou igual a 25 kg. Considerando a utilização de *RPA* para vistorias cautelares e inspeções prediais em ambientes urbanos; a aeronave se enquadra na classe 3 (IBAPE-MG, 2019).

Aeronaves desta classe ao operarem somente em linhas de visada (VLOS), até 400m acima do nível do solo (*AGL*, do inglês *Above Ground Level*), devem ter cadastro vinculado a uma pessoa física ou jurídica junto à ANAC por meio do Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT). A validade do cadastramento é de 24 meses,

devendo ser revalidado até 6 meses após o vencimento. Além disso, o *drone* deve possuir a identificação do mesmo com o número de cadastro em condição legível e na sua parte externa. E para o caso deste *drone* operar em AGL acima de 400 m, o operador deve solicitar junto à ANAC um Certificado de Aeronavegabilidade Especial e apresentar uma declaração de conformidade do sistema de aeronave remotamente pilotada (*RPAS*) com seu projeto autorizado pela ANAC. Essa declaração deve ser emitida pelo fabricante da *RPA* (IBAPE-MG, 2019).

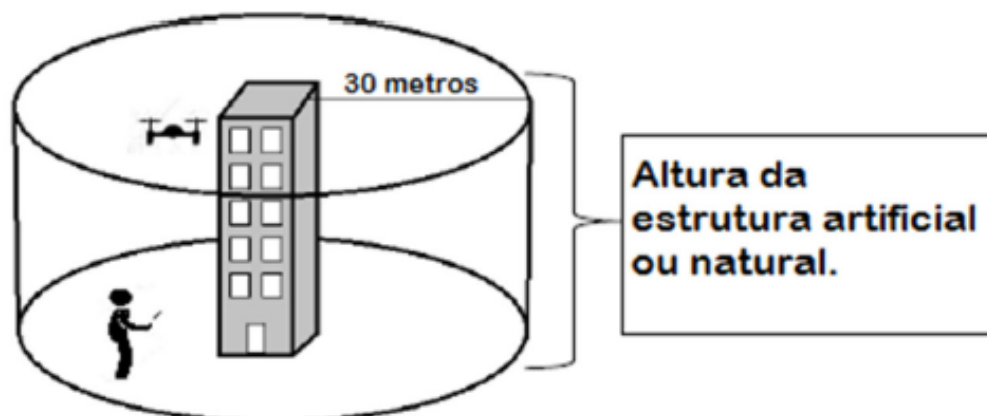
A ANAC diz que *RPA* com peso superior a 250 g deve obter seguro com cobertura que contemple danos a terceiros. O piloto deve estar de posse da apólice do seguro durante todo o procedimento de voo, assim como do Certificado de Matrícula (CM) ou Certificado de Aeronavegabilidade (CA) respectivos ao caso (IBAPE-MG, 2019).

Ainda de acordo com IBAPE-MG (2019), após cadastro exitoso na ANAC, o próximo passo é a solicitação de utilização do espaço aéreo quando esta for necessitada. E essa solicitação é realizada junto ao DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo).

Segundo o ICA 100-40: 2016 não é caracterizada como espaço aéreo a região próxima a obstáculos, os edifícios. Ou seja, o entorno da maior estrutura, seja ela artificial ou natural, limitado verticalmente pela altura dela e distante até 30 m; num afastamento de pelo menos 5 km de aeródromos cadastrados. Então, nessas áreas o proprietário da estrutura tem a responsabilidade inteira do voo, cabendo a ele a autorização para voar (IBAPE-MG, 2019).

O regulamento criado pelo DECEA que trata das *RPA*'s e do acesso delas ao espaço aéreo brasileiro é referido no termo "ICA 100-40: 2016". O procedimento descrito no parágrafo anterior, relativo à responsabilidade do espaço aéreo, é clarificado pela figura 8:

Figura 8: Espaço de responsabilidade do proprietário do edifício



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

3.3.1.3 Metodologia da Inspeção Predial, Perícia e Vistoria Cautelar

O conhecimento dessa área da engenharia tem sua pertinência devido ao fato de que nela o uso de RPA tem forte presença, além de um certo pioneirismo:

Acontecimentos inesperados podem ocorrer referentes à construção civil, de pequenas infiltrações a situações mais sérias, podendo comprometer a estrutura da edificação em sua segurança. A norma ABNT NBR 5674:2012, que trata da manutenção de edificações, para garantir o devido cuidado e preservação das mesmas, recomenda que a inspeção predial seja realizada em intervalos regulares de não mais que 3 anos (IBAPE-MG, 2019).

Atualmente as RPA podem colaborar nas inspeções em função de sua capacidade de obtenção de imagens e vídeos de alta qualidade. Características advindas do avanço tecnológico (IBAPE-MG, 2019).

Uma norma específica detalha os procedimentos dessa área, perícias de engenharia na construção civil. É a ABNT NBR-13752, trazendo a informação que a metodologia adequada para o trabalho pericial necessita de um levantamento de dados que contenha todas as informações disponíveis e que permita ao perito a elaboração de seu parecer técnico. Assim, são consideradas as seguintes observações. Deve haver

a inclusão de um número ampliado de fotografias, de forma a garantir maior representação detalhada por bem periciado. Plantas individualizadas dos bens, podendo ser obtidas em forma de croqui. Detalhada descrição dos aspectos físicos, dimensões e áreas dos bens. Contemplar também as utilidades e materiais construtivos. Além disso, considerar a indicação e caracterização de eventuais danos e/ou eventos encontrados, analisando-os de forma a apontar as prováveis causas e consequências (IBAPE-MG, 2019).

3.3.1.4 Orientações para o uso de RPA

A resolução da imagem, proveniente de fotografia ou vídeo, é um dos aspectos principais da RPA no que diz respeito às inspeções prediais. A seguir há alguns termos relacionados a essa resolução.

A menor unidade de uma imagem digital, definidora de sua resolução, dá origem ao termo inglês *Picture Element*, e este, por sua vez, ao termo *pixel*, empregado nas especificações técnicas de todas as câmeras. Valores referentes ao brilho dos objetos, responsáveis pela formação da imagem, são armazenados nos *pixels*. E cada um destes possui um valor ponderado de toda a energia refletida correspondente a sua área do terreno. Isto ocorre conforme o *GSD*, do inglês *Ground Sample Distance*, utilizado (IBAPE-MG, 2019).

Ainda segundo IBAPE-MG (2019), quando aumenta-se o “zoom” de uma imagem, nota-se mais claramente a presença dos *pixels* por meio da aparição de “quadrinhos”. E que para a perícia é sugerida uma câmera de no mínimo 12 *Megapixels* de capacidade.

A Figura 9 expõe essa percepção:

Figura 9: Demonstração de pixels

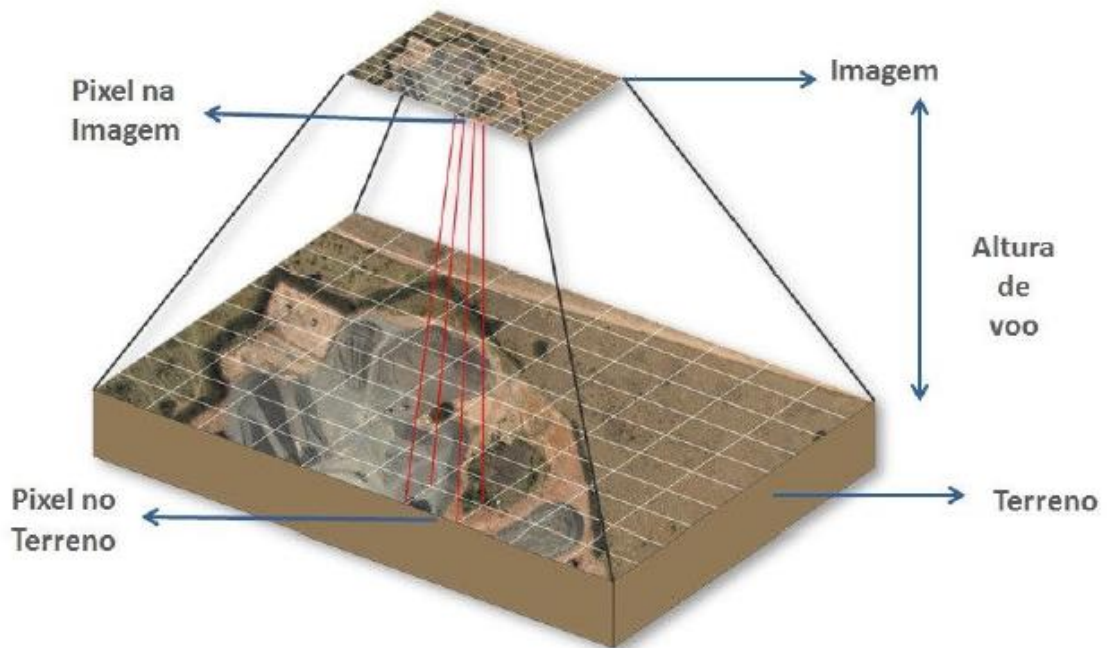


Fonte: IBAPE-MG, 2019.

O entendimento do termo *GSD* é fundamental para a compreensão do processo. O termo corresponde à porção do terreno (ou do edifício) que um *pixel* irá capturar, é a unidade de área representada no *pixel*. O *GSD* é geralmente representado em centímetros (IBAPE-MG, 2019).

A ideia fica ainda mais clara por meio de uma imagem demonstrativa apresentada pela Figura 10:

Figura 10: Demonstração de GSD



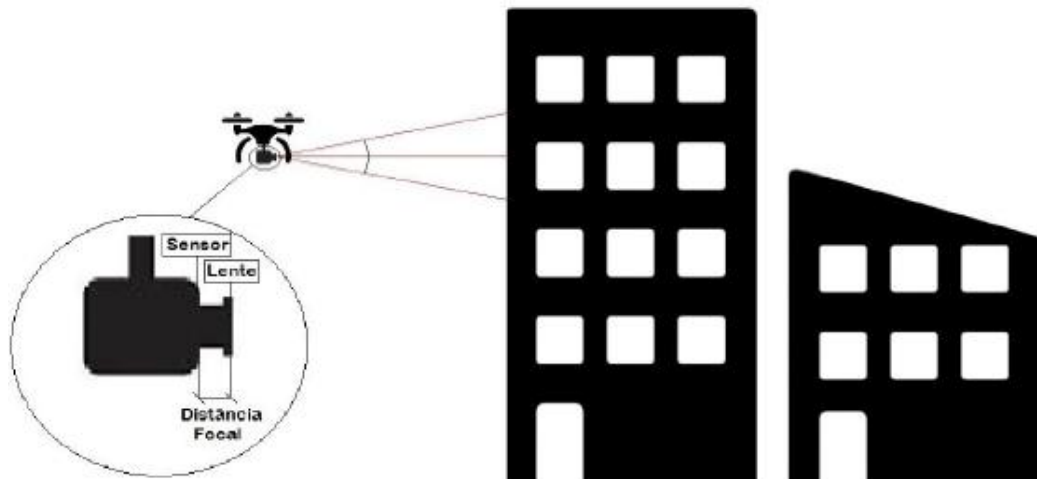
Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Então, pode-se ter uma última consideração sobre o *GSD* no sentido da análise em questão. Quanto menor for o *GSD*, menor será a porção do terreno contida em um *pixel*. Então, melhor será a qualidade da imagem capturada (IBAPE-MG, 2019).

A “distância focal” é um último termo que também se destaca. A distância entre a lente e o sensor da câmera que está acoplada na *RPA*, representada em milímetros, é denominada distância focal. Uma câmera que utilize uma lente de foco fixo é fundamental. Assim, é garantido que toda a imagem capturada pela *RPA*, utilizando a mesma altura de voo, possua a mesma escala, mantendo constante o tamanho do *GSD* (IBAPE-MG, 2019).

A distância entre a lente e o sensor é evidenciada pelo desenho correspondente à Figura 11:

Figura 11: Demonstração da “distância focal”.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Os termos destacados até então; *pixel*, GSD e “distância focal”; são considerados para o cálculo da altura de voo de um drone usado em vistorias cautelares, auditorias ou perícias.

A altura de voo (ou distância, no caso de edifícios inspecionados) que a RPA deve manter conforme a câmera acoplada no equipamento, visando a obtenção das melhores imagens, é importante ser definida por meio de cálculos (IBAPE-MG, 2019).

O tamanho do pixel é calculado primeiramente. Para tal, simplesmente se obtêm as informações do tamanho do sensor (denominado TS) e do tamanho da imagem gerada por ele (denominado TI); contidas na especificação de qualquer câmera (IBAPE-MG, 2019).

Na equação 1 o termo “x” representa o tamanho do pixel e ele é relacionado ao tamanho do sensor e ao da imagem gerada por este:

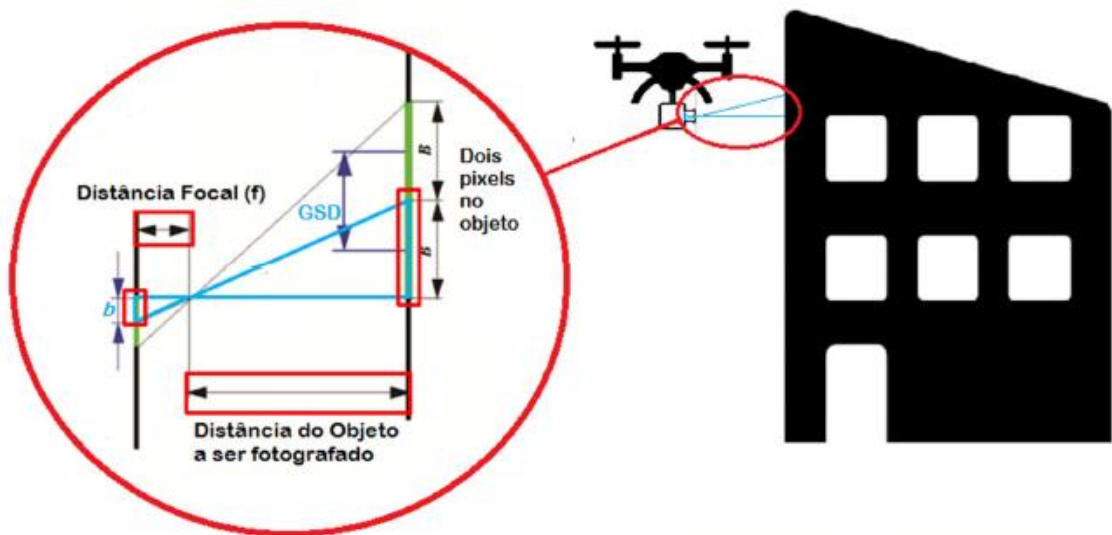
$$\dots \dots \dots x = \frac{\text{Comprimento TS}}{\text{Comprimento TI}} \dots \dots \dots (1)$$

Já a equação 2, por meio de “y”, apresenta o mesmo raciocínio, porém relacionando as alturas TS e TI:

$$\dots\dots\dots y = \frac{\text{Altura TS}}{\text{Altura TI}} \dots\dots\dots (2)$$

A distância do objeto a ser fotografado pode ser entendida como a altura de voo e de posse do tamanho do pixel esta também é adquirida , como demonstrado na Figura 12:

Figura 12: Representação do cálculo para altura de voo.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

O desenho geométrico da imagem anterior tem a explicação fornecida por IBAPE-MG (2019). Há uma representação geométrica de dois triângulos relacionando as variáveis, o que permite a aplicação da regra “semelhança de triângulos”. A variável “b” corresponde ao *pixel* no sensor enquanto que a “B” a representação deste no terreno (GSD), tem-se a distância focal (lente) e a altitude (altura de voo).

Então, de acordo com a figura, “b” estando para “B” corresponde a “f” estando para H”. A equação 3 representa a expressão matemática originada, sendo “f” a distância focal e “H” o valor de altura de voo que deve ser encontrado como resultado:

$$\frac{b}{B} = \frac{f}{H} \rightarrow H = \frac{B*f}{b} \quad (3)$$

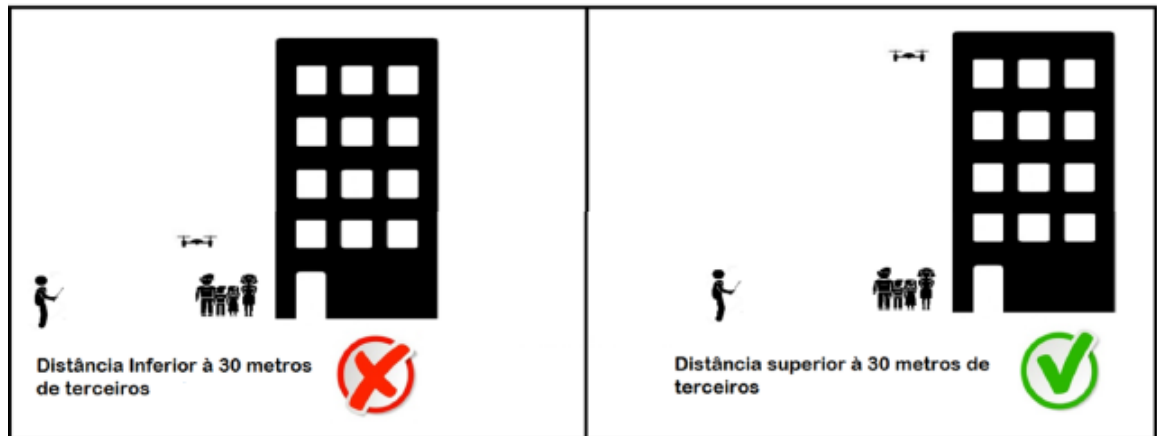
A autonomia de voo da *RPA* para os serviços do campo em questão de engenharia tem considerações fundamentais e constitui um aspecto de maior relevância, assim como a altura de voo citada anteriormente. É recomendado que o operador da aeronave siga as instruções de autonomia de voo indicadas pelo fabricante do equipamento no manual do proprietário e sempre realize um planejamento de voo considerando 2/3 do tempo de voo indicado. Por exemplo, se o manual informar que a aeronave possui uma autonomia de voo de 30 minutos, o operador deverá planejar voos de no máximo 20 minutos, os 10 minutos restantes reservados por segurança. Isto, para garantir uma decolagem e pouso seguros (IBAPE-MG, 2019).

A segurança de voo traz importância ainda maior, já que a autonomia de voo das aeronaves é apenas uma das partes que constitui a segurança. Em 2017 foi publicado pela ANAC uma cartilha sobre o novo regulamento especial para a utilização de *RPA*, informando medidas, regulamentos e procedimentos a serem seguidos; com a segurança das pessoas sendo visada (IBAPE-MG, 2019).

Tal regulamento diz que a *RPA* possuidora de peso superior a 250 g deve manter uma distância horizontal mínima de 30 m em relação a pessoas não anuentes (terceiros), sob total responsabilidade do piloto operador, conforme as regras de utilização do espaço aéreo produzidas pelo DECEA. A distância não precisa ser observada caso exista alguma barreira de proteção entre o equipamento e as pessoas (IBAPE-MG, 2019).

A situação é representada no desenho correspondente à Figura 13:

Figura 13: Distância mínima de terceiros.



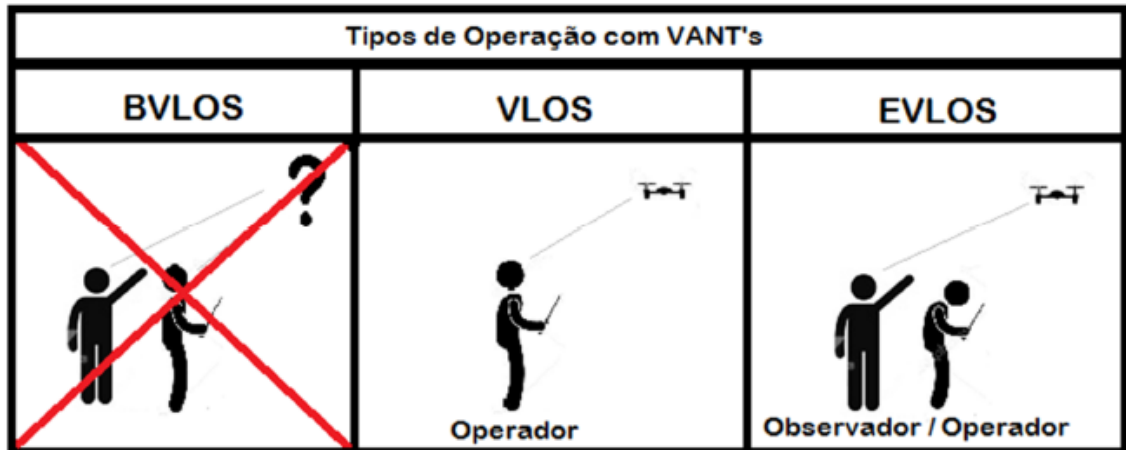
Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Os tipos de procedimentos operacionais de voo devem ser respeitados, representam uma das partes que constitui a segurança.

São destacados dentre eles o BVLOS, no qual, mesmo com a ajuda de um observador, o piloto não consegue manter a *RPA* dentro de seu alcance visual durante a operação; o VLOS, em que sem o auxílio de lentes ou outros equipamentos, o alcance visual é mantido; e o EVLOS, no qual é necessário o uso de lentes, outros equipamentos e o auxílio de observadores de *RPA* para que o contato visual seja mantido (IBAPE-MG, 2019).

Um dos tipos citados não é indicado pela ANAC para os procedimentos em foco, como demonstrado pela Figura 14:

Figura 14: Tipos de operação em RPAs.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

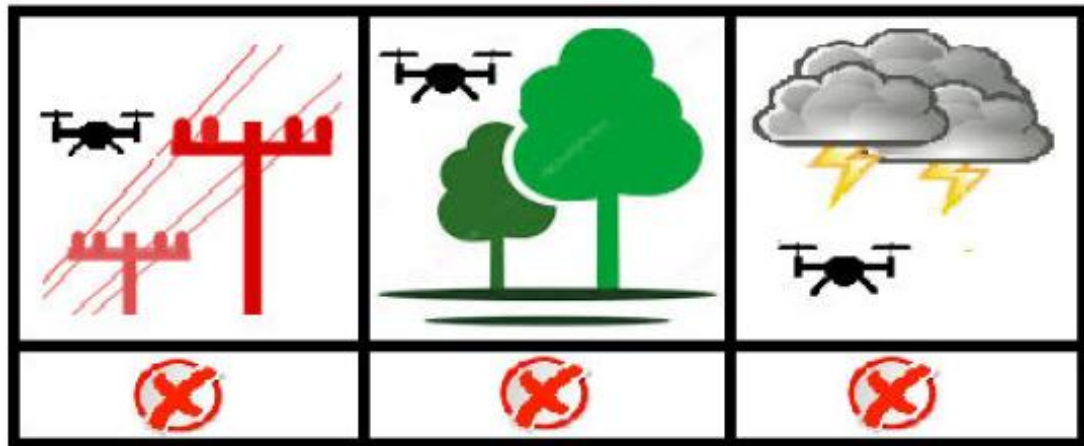
As influências das condições climáticas e locais têm sua devida relevância.

Condições climáticas favoráveis e bem definidas são de extrema importância para a operação do equipamento. Não existe nenhum equipamento totalmente à prova d'água atualmente, devendo dessa forma evitar o voo em dias chuvosos ou com nuvens muito carregadas, com o objetivo de garantir a segurança de todos no local e a vida útil do equipamento (IBAPE-MG, 2019).

Também, o cuidado deve ser redobrado com relação às linhas elétricas, outros cabos e regiões muito arborizadas. Representam locais com frequentes acidentes envolvendo colisões das RPA com estes obstáculos (IBAPE-MG, 2019).

A imagem da Figura 15 ilustra essas três situações principais de periculosidade:

Figura 15: Condições perigosas para voo.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Um fator menos óbvio e percebido pelos operadores de *RPA* é a interferência eletromagnética. Ele costuma ser alta em ambientes urbanos, que são os locais em que ocorrem a maioria das vistorias de engenharia.

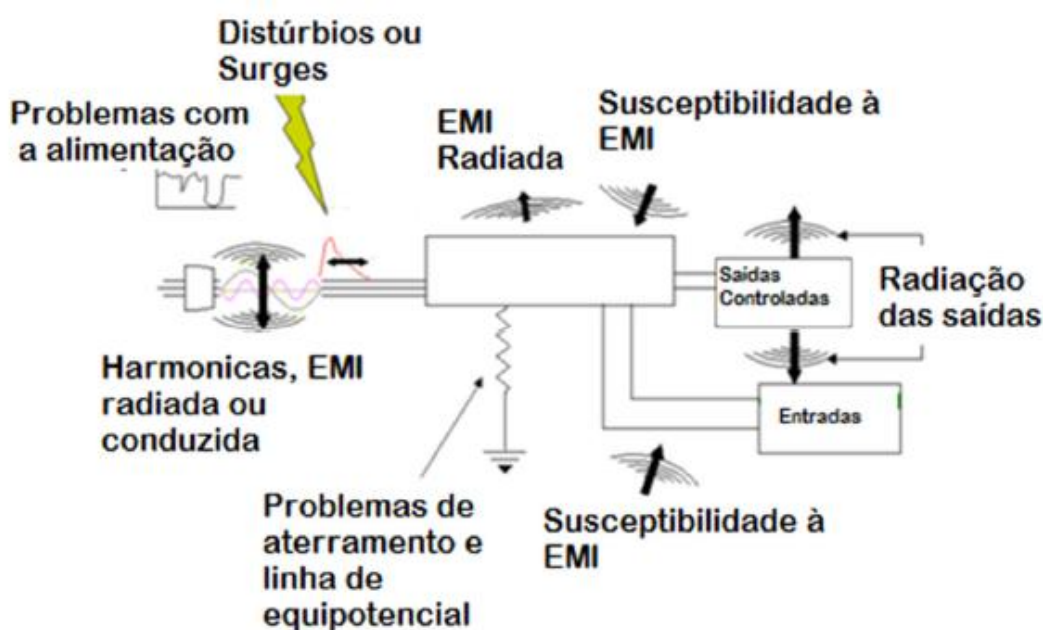
Segundo IBAPE-MG (2019), centelhamento nas escovas de motores, chaveamento de circuitos de potência, acionamento de cargas indutivas, resistivas, relés, chaves, disjuntores, lâmpadas fluorescentes, aquecedores, ignições automotivas, descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas, aparelhos de micro-ondas, equipamentos de comunicação, etc; podem gerar interferência eletromagnética, também referida como *EMI (Eletromagnetic Interference)*. Ela é a energia que causa resposta indesejada a qualquer equipamento. E a consequência dessa geração energética pode causar sobretensão, subtensão, picos, transientes; o que em uma rede de comunicação pode ter seus impactos. Isto é muito comum nas indústrias e fábricas, a *EMI* é muito frequente em função do maior uso de máquinas (máquinas de soldas, por exemplo), motores (CCMs) e as redes digitais e de computadores próximas a essas áreas.

Geralmente as operações com *RPA* são realizadas em indústrias e edificações, a quantidade de máquinas nas proximidades em que a *RPA* irá operar é muito elevada. Então, operador deve estar atento durante o voo, medindo a interferência com o aumento significativo dos ruídos durante o trabalho. Constatando que a mesma está

tornando inoperante o equipamento, seu uso deve ser suspenso até que a situação normalize (IBAPE-MG, 2019).

Por meio de um desenho facilmente é clarificada a ideia de como a interferência eletromagnética ocorre, como explicado pela Figura 16:

Figura 16: Interferência Eletromagnética sendo emitida e captada por equipamento.



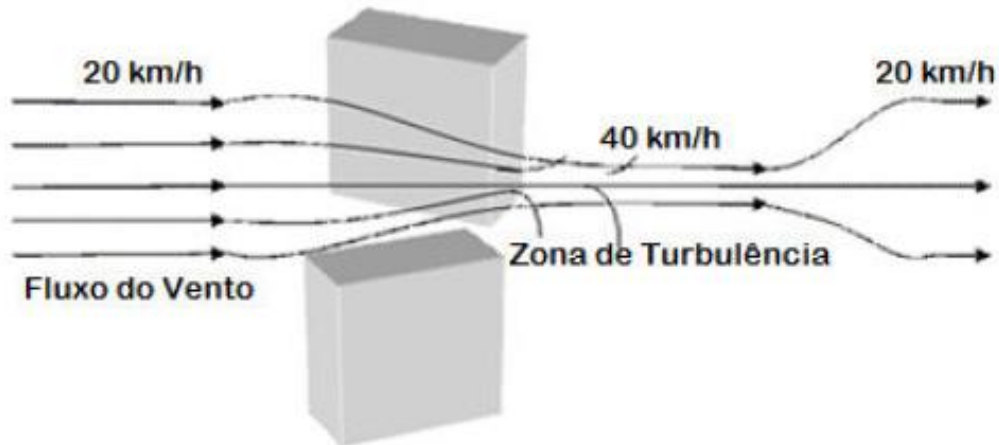
Fonte: IBAPE-MG, 2019.

Há dois efeitos de vento em regiões com prédios; típicas do ambiente de vistorias, auditorias e perícias de engenharia civil, que representam uma preocupação. O vento que circula entre essas construções provoca um deles.

A velocidade do vento entre as construções aumenta muito devido à compressão da massa de gás (vento) ao fluir entre os edifícios. O controle ao operar a RPA na passagem entre os edifícios deve ser redobrado porque a aeronave pode sofrer interferências com o aumento abrupto de velocidade na faixa de turbulência (IBAPE-MG, 2019).

O desenho a seguir demonstra o efeito, por meio da Figura 17:

Figura 17: Turbulência entre prédios.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

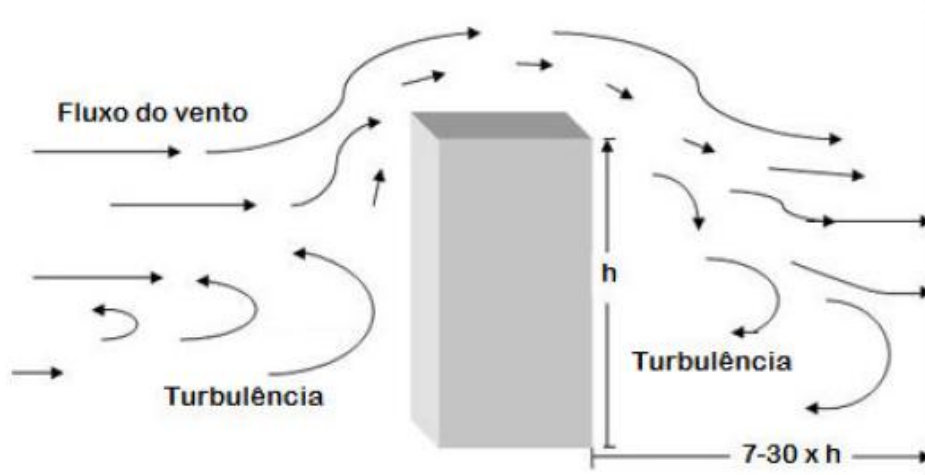
O existente entre prédios altos é o segundo deles.

Segundo IBAPE-MG (2019), há um desvio de vento para cima, bem como entorno do edifício, na ocasião de atingir um prédio alto. Turbulência e refluxo de vento perto da superfície de barlavento e deflexão vertical do enrolamento do lado do barlavento (o lado de onde sopra o vento) do edifício podem ser gerados em tal situação. Além disso, uma diminuição substancial da velocidade do vento horizontal no topo do prédio pode acontecer em função do movimento ascendente do vento (uma boa razão para desconfiar de qualquer instrumento de sopro localizado no topo de um prédio).

Até que seja medido a uma distância de 7 a 30 vezes a altura do prédio na sua parte de sotavento o vento imediatamente ao lado desta será turbulento e imediatamente reduzido em velocidade. Ao executar o seu voo o piloto deve observar essa condição, garantindo maior controle do equipamento em situações que podem comprometer a segurança das pessoas e a conservação da *RPA* (IBAPE-MG, 2019).

E a figura 18 demonstra o que acontece:

Figura 18: Vento sobre prédios altos.



Fonte: IBAPE-MG, 2019.

O arquivo do IPABE trás ainda últimas orientações a respeito do uso de *drone* em vistorias, auditorias e perícias; que merecem destaque. A visualização da nave durante a operação é o tema da primeira delas.

Importante ressaltar que uma situação arriscada pode ser representada por uma operação *BVLOS*. Nela, imagens da operação são conseguidas pelo piloto por meio de instrumentos (recursos visuais) que operam o equipamento, podendo ser um celular, tablet ou até mesmo televisão. O piloto não tem visão da situação de tempo ao redor, condições de vento e visualização em 360° do perímetro de operação; em função de não ter condições de visualizar a *RPA*. Devido ao risco oferecido às pessoas próximas ao local ou à aeronave é sugerido evitar a *BVLOS* (IBAPE-MG, 2019).

Áreas com alta densidade de prédios é foco da segunda orientação.

As regiões com um grande volume de prédios são comuns em áreas urbanas. É importante que a Estação de Pilotagem Remota configure-se por um ponto alto sem interferências com as constelações de satélites ao operar nessas condições. A operação sem vista do VANT jamais deve ocorrer. Posicionar mais de um observador do VANT, os 3 (2 observadores e piloto) se comunicando por rádio é uma dica (IBAPE-

MG, 2019). Tal procedimento é justificado porque o sinal com as constelações de satélites pode cair em função da interferência dos outros prédios a 30 metros ou menos de distancia (IBAPE-MG, 2019).

Por fim, o sistema de navegação por satélite empregado diz respeito à terceira.

O operador deve atentar-se às especificações da aeronave e a partir de então realizar o devido planejamento de decolagem, voo e pouso do equipamento. A especificação técnica do sistema de navegação por satélite embarcado (GPS) é importante de ser observada. A precisão na qual a aeronave se posicionará com relação ao sistema de posicionamento global poderpa ser obtida pelo operador a partir dos dados contidos na especificaçõa mencionada. Em casos de alguma pane no sistema de controle da aeronave, principalmente quando se trata de voos em ambientes urbanos, uma vez que, caso ocorra alguma falha, as aeronaves utilizam o GPS para retornarem ao local de decolagem; o posicionamento é extremamente importante. Quanto maior for a precisão do sistema de navegação por satélite da aeronave nestes casos, menor será o raio de distância em que a aeronave realizará o pouso em relação ao local de decolagem (IBAPE-MG, 2019).

3.3.2 Orgãos de controle nacionais e procedimentos legais

Os órgãos de controle nacionais que tratam diretamente sobre as RPA são: a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e o DECEA (Departamento Estadual de Controle do Espaço Aéreo). Normalmente, as aeronaves já são disponibilizadas para a venda no Brasil contendo o selo de autorização da ANATEL; eventualmente, quando a compra é internacional, deverá ser pedido o selo ao órgão, por meio de um simples processo correspondente de homologação. Portanto, as Informações relativas aos drones advindas da ANAC e do DECEA serão disponibilizadas na presente pesquisa, considerando o que já foi citado pelo IBAPE.

3.3.2.1 ANAC

A ANAC possui um documento intitulado “Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil”, emitido em 2 de dezembro de 2021 e com vigência a partir de 1º de junho de 2022.

Há um preâmbulo nele dizendo que os requisitos gerais de competência da ANAC para aeronaves não tripuladas são abordados por este Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E (o documento em questão). A finalidade de regular matéria exclusivamente técnica que possa afetar a segurança da aviação civil, com vigência limitada no tempo e restrita a um número razoável de requisitos e pessoas, até que o conteúdo seja incorporado em RBAC apropriado ou definitivamente revogado; é por natureza, pertencente a um RBAC-E. As condições para a operação de aeronaves não tripuladas no Brasil considerando o atual estágio do desenvolvimento desta tecnologia são estabelecidas por este Regulamento Especial. Promover um desenvolvimento sustentável e seguro para o setor e, assim, algumas restrições operacionais, notadamente sobre as áreas não distantes de terceiros, julgadas como necessárias neste momento é o objetivo. A experiência obtida na prática nos próximos anos resulte em um maior conhecimento e superação dos desafios para uma ampla integração desta classe de aeronaves no sistema de aviação civil é o que é esperado. Adicionalmente, as regulamentações de outros entes da administração pública direta e indireta, tais como a Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA e o Ministério da Defesa, assim como as legislações referentes às responsabilizações nas esferas civil, administrativa e penal que podem incidir sobre o uso de aeronave não tripulada, com destaque àquelas disposições referentes à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas devem ser observadas (ANAC, 2021).

Convém ressaltar que é a ANAC que define as normas de voo para o espaço entendido como o de responsabilidade do “proprietário do edifício”, cabendo o contato a ela em caso de dúvidas do operador ou pedidos de autorizações especiais. Além disso, há detalhes referentes às pessoas anuentes, com relação à operação de RPA, que devem ser destacados.

Pessoa anuente é aquela que, para uma operação de *RPA* bem sucedida, sua presença não é indispensável, mas que por vontade própria e por sua conta e risco concorde, expressamente, que uma aeronave não tripulada opere perto de sua própria pessoa ou de seus tutelados legais sem observar os critérios das áreas distantes de terceiros (ANAC, 2021).

A ANAC (2021) ainda divulga uma nota informando que é permitida a operação de aeronaves não tripuladas perto de pessoas sem observar os critérios das áreas distantes de terceiros desde que essas pessoas tenham dado expressamente a sua anuência manifestando dessa forma a sua vontade, considerando o princípio da autonomia e que o cidadão tem o direito de assumir e administrar o próprio risco quando somente ele ou seus tutelados legais (no caso de menores de idade) estarão expostos. Embora, àqueles que livremente optarem por dar essa anuência, seja esclarecido que não é possível garantir um nível de risco aceitável de segurança operacional e que o controle da exposição a esse risco é de sua inteira responsabilidade.

Um ponto de importância primordial a ser seguido, respectivo à estação de pilotagem *RPS (Remote Pilot Station)* é relativo ao porte de documentos.

É permitido operar uma *RPA* de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente se estiverem disponíveis na *RPS* os seguintes documentos durante toda a operação:

- (a) a Certidão de Cadastro, o Certificado de Matrícula ou o Certificado de Marca Experimental, conforme aplicável, todos válidos;
- (b) o certificado de aeronavegabilidade válido, se aplicável;
- (c) o manual de voo;
- (d) a apólice de seguro ou o certificado de seguro com comprovante de pagamento, dentro da validade, se aplicável;
- (e) documento que contém a avaliação de risco a que se referem os parágrafos E94.103(f)(2) e E94.103(g)(2) deste Regulamento Especial; e

(f) licença, habilitação e extrato do CMA, válidos e conforme aplicáveis segundo este Regulamento Especial (ANAC, 2021).

É divulgada uma nota pela ANAC (2021) dizendo que os documentos acima listados abrangem somente aqueles requeridos possuir por parte da ANAC. Outros documentos podem ser necessários por parte do DECEA, da ANATEL, ou de outros órgãos competentes.

A expressão “Regulamento Especial” refere-se ao documento de título “Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil”. E os parágrafos E94.103(f) e E94.103(g) mencionados dizem o seguinte:

(f) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas somente é permitida pela ANAC, sob total responsabilidade do seu operador, em áreas distantes de terceiros, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA nas condições (1) e (2):

- (1) forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial;
- (2) houver uma avaliação de risco operacional, em formato aceitável, abrangendo cada cenário operacional, devendo estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação (ANAC, 2021).

(g) A operação de RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas de um órgão policial, de segurança pública, fiscal tributário, fiscal aduaneiro, combatente a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil, do corpo de bombeiros, ou ainda operando a serviço de um destes, somente é permitida pela ANAC, conforme permitido o uso do espaço aéreo pelo DECEA, sob total responsabilidade do órgão ou do operador, em quaisquer áreas, nas condições (1) e (2):

- (1) forem atendidas as demais exigências deste Regulamento Especial;
- (2) houver uma avaliação de risco operacional, abrangendo cada modalidade de operação, nos termos de Instrução Suplementar Específica, devendo estar atualizada dentro dos últimos 12 meses calendáricos prévios à operação (ANAC, 2021).

E especificamente sobre o posto de trabalho do piloto remoto tem-se os parágrafos (a) e (b) de E94.107 do arquivo da ANAC expressando em (a) que é necessária a presença de um piloto remoto exigido para a operação na RPS durante todas as fases do voo, sendo admitida a troca do piloto remoto em comando durante a operação. Já em (b) é dito que um piloto remoto somente pode operar um único RPAS por vez, exceto se de outra forma autorizado pela ANAC (ANAC, 2021).

Já com relação ao registro e cadastro da aeronave, a parte E94.301 do arquivo da ANAC trás os parágrafos (d) e (e) com informações correspondentes ao presente trabalho. Em (d) é dito que as aeronaves não tripuladas com peso máximo de decolagem de até 250 gramas não precisam ser cadastradas junto à ANAC ou identificadas. Já em (e), que o cadastro efetuado segundo esta seção será válido por 24 meses. Se não revalidado até 6 meses depois de vencido será inativado e não poderá mais ser revalidado (ANAC, 2021).

Quando o assunto é um projeto para o uso de RPA, a ANAC apresenta informações relevantes para o presente pesquisa, extraídas da parte E94.401. Em (a) é informado que somente é permitido operar um *RPAS* civil no Brasil se o projeto do *RPAS* for autorizado pela ANAC considerando a Classe do *RPAS* e o tipo de operação (*VLOS* ou *BVLOS*), exceto nos seguintes casos:

- (1) *RPAS* Classe 3 que se destinem exclusivamente para operações *VLOS* até 400 pés *AGL*;
- (2) a RPA possua Certificado de Tipo;
- (3) a RPA seja utilizada de acordo com o estabelecido na seção E94.503 deste regulamento (ANAC, 2021).

A seção E94.503 trata da emissão de *CAVE* (Certificado de Autorização de Voo Experimental) e *AEV* (Autorização Especial de Voo) para a RPA. Ainda com relação à questão de projeto; a seção E94.403, que tem haver com os requisitos aplicáveis; fornece os parágrafos (c) e (d). No parágrafo (c) é informado que os *RPAS* Classe 3 destinados a operações *BVLOS* devem demonstrar cumprimento com os requisitos das seções E94.405 e E94.407 deste Regulamento Especial. E na (d), que os *RPAS* Classe 3 que se destinam a operações *VLOS* acima de 400 pés *AGL* devem

demonstrar cumprimento com os requisitos da seção E94.405 e dos parágrafos (a), (c) e (d) da seção E94.407 deste Regulamento Especial (ANAC, 2021).

Para clarificar a ideia anterior, é apresentada uma descrição da seção E94.407, que discorre sobre as operações *BVLOS*.

Por meio da ANAC (2021), a seção cita que todos os *RPAS* destinados a operações *BVLOS* devem:

- (a) apresentar alertas e informações relevantes a respeito da condição da aeronave para o piloto remoto;
- (b) ter um sistema de navegação com desempenho e confiabilidade suficientes para garantir a segurança da operação;
- (c) ter capacidade de recuperação em emergências;
- (d) possuir iluminação da aeronave por meio de um sistema adequado.

Quando o assunto é sobre certificados de aeronavegabilidade, a parte E94.501 fornece as disposições gerais.

Na alínea (a) é dito que com exceção do previsto na (c), nenhuma aeronave não tripulada poderá voar sem possuir um certificado de aeronavegabilidade válido.

(b) Os seguintes tipos de certificado de aeronavegabilidade são passíveis de ser emitidos para uma *RPA*:

- (1) Certificado de Autorização de Voo Experimental – CAVE;
- (2) Autorização Especial de Voo – AEV;
- (3) Certificado de Aeronavegabilidade Especial para *RPA* – CAER;
- (4) Certificado de Aeronavegabilidade categoria restrita;
- (5) Certificado de Aeronavegabilidade padrão.

(c) As *RPA* Classe 3 destinadas unicamente a operações *VLOS* até 400 pés *AGL* e os aeromodelos não necessitam possuir qualquer certificado de aeronavegabilidade (ANAC, 2021).

Há ainda a aeronavegabilidade específica de *RPAS*, da qual a seção E94.601 fornece as disposições gerais:

(a) O operador (na falta deste, o proprietário) é o responsável pela conservação do *RPAS* em condições aeronavegáveis.

(b) Exceto para *RPAS* Classe 2 ou 3, somente é permitido operar um *RPAS* segundo este Regulamento Especial se tiver sido executada uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM) neste *RPAS* nos últimos 12 meses. O operador ou proprietário deve apresentar à ANAC uma Declaração de Inspeção Anual de Manutenção (DIAM) para o referido *RPAS*, atestando sua condição de aeronavegabilidade (ANAC, 2021).

A princípio um *RPAS* com os propósitos dos objetivos da presente dissertação não enquadrará voos do tipo *BVLOS*, mas existe a norma a respeito deste tipo de voo envolvendo drones de classe 3, apresentada em E94.623.

Nela, é mencionado por meio de sua alínea (a) informações pertinentes.

(a) Somente é permitido operar um *RPAS* Classe 3 com o objetivo de operações *BVLOS* se:

- (1) os procedimentos específicos apresentados pelo fabricante no manual de manutenção forem cumpridos;
- (2) a pessoa que executa manutenção for devidamente treinada e qualificada;
- (3) houver registro em cadernetas apropriadas de todas as ações de manutenção (ANAC, 2021).

Finalmente, a seção 94.701 em seu parágrafo (b) destaca que os operadores de RPA possuidora de até 250 gramas como peso máximo de decolagem não necessitam de licença da ANAC.

Todos os operadores de RPA e de aeromodelos com até 250 gramas de peso máximo de decolagem são considerados como devidamente licenciados, para os efeitos de aplicação do art. 33 do Decreto- Lei nº 3.688 de 3 de outubro de 1941, por força deste Regulamento Especial, sem necessidade de possuir documento emitido pela ANAC (ANAC, 2021).

A ANAC ainda possui um outro documento, uma instrução suplementar (IS) intitulada IS Nº E94-003. Nela, há procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas, servindo para as RPA que possuam peso máximo de decolagem acima de 250g. Tal conduta é relacionada

diretamente aos parágrafos E 94.103(f) e E 94.103(g) do RBAC-E Nº 94 (já citados no presente trabalho).

A seção 3 da IS traz os fundamentos de 3.1 a 3.4 descritos a seguir:

3.1. A Resolução nº 30, de 21 de maio de 2008, institui em seu art. 14, a Instrução Suplementar - IS, norma suplementar de caráter geral editada pelo Superintendente da área competente, com o objetivo de esclarecer, detalhar e orientar a aplicação de requisito previsto em RBAC ou RBHA.

3.2. O administrado que pretenda, para qualquer fim, demonstrar o cumprimento de requisito previsto em RBAC ou RBHA, poderá:

- a) adotar os meios e procedimentos já especificados em IS; ou
- b) apresentar meio ou procedimento alternativo com devida justificativa, exigindo-se, nesse caso, a análise e concordância expressa do órgão competente da ANAC.

3.3. O meio ou procedimento alternativo mencionado no item 3.2b da IS deve garantir nível de segurança igual ou maior ao estabelecido pelo requisito aplicável ou concretizar o objetivo do procedimento normalizado em IS.

3.4. A IS não pode criar novos requisitos ou contrariar os estabelecidos em RBAC ou outro ato normativo (ANAC, 2021).

E a seção 4 da IS traz as definições válidas nela:

4.1. Para os efeitos desta IS são válidas as definições do RBAC-E nº 94, e as seguintes outras:

4.1.1. **perigo** é a condição, objeto ou atividade que potencialmente pode causar lesões às pessoas, danos a bens (equipamentos ou estruturas), perda de pessoal ou redução da habilidade para desempenhar uma função determinada;

4.1.2. **probabilidade** é a frequência com que um evento, como consequência de um perigo existente, possa ocorrer. A divisão dos níveis de probabilidade fica a critério do operador, no entanto como orientação ela pode ser dividida em 5 níveis:

- Nível 5 (frequente): provável que ocorra muitas vezes, ou historicamente tem grande frequência;

- Nível 4 (ocasional): provável que ocorra algumas vezes, ou historicamente tem ocorrido com pouco frequentemente;
- Nível 3 (remoto): improvável, porém é possível que venha a ocorrer, ou ocorre raramente;
- Nível 2 (improvável): bastante improvável que ocorra e não se tem notícia de que tenha alguma vez ocorrido;
- Nível 1 (muito improvável): quase impossível a ocorrência do evento.

4.1.3. **severidade** é o grau da consequência de um evento, como decorrência de um perigo existente ou de uma situação insegura, tomando como referência a pior condição possível. A divisão dos níveis de severidade fica a critério do operador, no entanto como orientação ela pode ser dividida em 5 níveis;

- Nível A (catastrófico): múltiplas pessoas morrem;
- Nível B (crítico): morte de pessoa, lesões gravíssimas (capazes de deixar sequelas significativas e/ou incapacitantes), tais como cegueira, paralisia, amputações, etc.;
- Nível C (significativo): lesões sérias a pessoas, porém não incapacitantes nem com sequelas significativas;
- Nível D (pequeno): incidentes menores, danos a objetos, animais ou vegetação do solo, ainda lesões leves;
- Nível E (insignificante): somente o equipamento é danificado .

4.1.4. **risco** significa a avaliação das consequências de um perigo, expressa por meio de probabilidade e severidade, referenciada a pior condição possível;

O risco é sempre expresso em termos de probabilidade e severidade. Logo, por exemplo, se um risco for classificado como “4D”, ele seria de probabilidade “ocasional” e severidade “pequena”. Já se for classificado como “3A”, ele seria de probabilidade “remota” e severidade “catastrófica”, assim sucessivamente.

4.1.5. **tolerabilidade** é o grau de aceitabilidade em razão do resultado da avaliação de risco (...) (ANAC, 2021).

O operador deverá estabelecer a tolerabilidade a seu critério, mas a IS oferece uma tabela para orientação, ilustrada na Figura 19:

Figura 19: Matriz de tolerabilidade para orientação de avaliação de risco

			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

Fonte: ANAC, 2017.

Os resultados fornecidos pela matriz têm as correspondências descritas a seguir:

- **Risco extremo** (classificações 4A, 5A e 5B): a operação não deve acontecer e, caso esteja ocorrendo, deve cessar imediatamente, enquanto persistir a condição ou até que medidas mitigadoras suficientes reduzam o risco para um nível aceitável pelo operador. Caso ainda seja decidido prosseguir com a operação, controles preventivos para mitigação do risco devem ser estabelecidos, devem estar em vigor e a aprovação da hierarquia mais alta da empresa (presidente) deve ser requerida.
- **Alto risco** (classificações 3A, 4B e 5C): a operação não deveria acontecer e, caso esteja ocorrendo, deveria cessar imediatamente, enquanto persistir a condição ou até que medidas mitigadoras suficientes reduzam o risco para um nível aceitável pelo operador. Caso ainda seja decidido prosseguir com a operação, controles preventivos para mitigação do risco devem ser estabelecidos, devem estar em vigor e a aprovação da hierarquia de gestão da empresa (gerente ou diretor) deve ser requerida.
- **Risco moderado** (classificações 1A, 2A, 2B, 3B, 3C, 4C, 4D, 5D, 5E): a operação pode acontecer com controles preventivos para mitigação dos riscos estabelecidos e que devem estar em vigor, conforme necessários. Neste nível de risco as operações deveriam ter aprovação de um nível hierárquico imediatamente superior (chefia imediata).
- **Baixo risco** (classificações 1B, 1C, 2C, 2D, 3D, 3E, 4E): a operação pode acontecer e controles preventivos para mitigação de risco e aprovação por nível hierárquico imediatamente superior (chefia imediata) são opcionais.

- **Risco muito baixo** (classificações 1D, 1E e 2E): a operação é aceitável como concebida, controle preventivo para mitigação de risco e aprovação não são requeridos.

Nota: a classificação proposta não é obrigatória, pode ser adaptada, até simplificada, conforme a complexidade da operação e nível de exposição ao risco, sem necessidade de aprovação da ANAC. Contudo, o operador deve possuir sempre um método consistente de avaliação de risco e ele é o responsável pela avaliação de risco que produzir, mesmo quando utilizar o modelo proposto na IS (ANAC, 2021).

Dentre outros componentes que a avaliação de risco precisa conter, especificados claramente no arquivo da ANAC em questão, há dois que eventualmente podem ser relevantes para os objetivos da dissertação. Eles estão descritos nos parágrafos (g) e (h) do item 5.2.1 do documento da ANAC:

g) uma descrição sobre quem acionar e como proceder na situação de um acidente com lesão a pessoas;

h) a avaliação de risco, considerado os perigos, a probabilidade e severidade da consequência, o risco associado, a tolerabilidade, o nível hierárquico da aprovação da operação e eventuais medidas mitigatórias do risco. Deve haver a consideração de pelo menos três tipos de situações na avaliação em cada cenário (dentre outros que o operador puder identificar):

- link perdido;
- tráfego aéreo local existente;
- pessoas não anuentes presentes.

Nota: para a ANAC a tolerabilidade deve considerar principalmente as consequências para pessoas e para o tráfego aéreo (que indiretamente as afeta). Mas o operador pode incluir outros elementos de risco na sua análise, conforme a sua conveniência, como risco a bens materiais de terceiros, dentre outros... (ANAC, 2021).

A palavra “*link*” da citação refere-se ao contato comunicativo por ondas existente no RPAS. E outras informações pertinentes trazidas pela IS são que a avaliação de risco deve trazer o mês de criação (será válida por 12 meses), assim como a identificação

da matriz utilizada. Porém, não há a necessidade do operador utilizar o modelo proposto de matriz, alternativamente pode usar um padrão personalizado que seja consistente com a sua realidade operacional.

3.3.2.2 DECEA

O arquivo do DECEA ideal para consulta de como operar uma RPA em prefeituras brasileiras é o Manual de Comando da Aeronáutica MCA 56-3, que trata de aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos órgãos ligados aos governos federal, estadual ou municipal.

Na parte denominada “Disposições Preliminares” é apresentada a finalidade do manual:

O Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) tem por finalidade regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves não tripuladas, com uso exclusivamente voltado às operações dos Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal (DECEA, 2020).

Convém deixar claro que o termo *UA* é a sigla inglesa para *Unmanned Aircrafts* (Aeronaves não Tripuladas). Ainda na mesma parte do documento em questão também é apresentado o âmbito:

O conteúdo deste Manual é de observância obrigatória e se aplica aos operadores que pretendam voar em Espaço Aéreo Brasileiro, utilizando aeronaves sem tripulação, pilotadas de forma remota, com objetivos vinculados às operações em proveito dos órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal (DECEA, 2020).

O manual detalha e clarifica como funciona os procedimentos de cadastro das aeronaves; inclusive complementando informações oriundas da ANAC, no sentido de um cadastro completo da *UA*. Tais informações são encontradas na seção 4 dele,

denominada “Cadastro de Aeronaves e de Pilotos”. Há dois termos usados nela que exigem uma explicação. Um deles é “órgão diferenciado” e o outro, “operações diferenciadas”. O primeiro refere-se aos órgãos ligados aos governos Federal, Estadual ou Municipal e o segundo às operações em seu proveito. A seção 4 descreve:

4.1 Conforme a Lei 11.182/2005 compete à ANAC, entre outras ações, atestar aeronaves emitindo a documentação pertinente às mesmas, assim como emitir certificados de Aeronavegabilidade, licenças e habilitações dos profissionais da aviação.

4.2 De acordo com o previsto no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94, na Subparte D – Registros e Marcas, Parágrafo “b”, toda RPA com PMD acima de 250 g, que opere somente em VLOS, até 400 ft (aproximadamente 120 m) acima do nível do solo (AGL) e que não seja de um projeto autorizado ou de um tipo de certificado, deve ser cadastrada na ANAC, sendo vinculado a uma pessoa física ou jurídica, respectivamente com CPF ou CNPJ no Brasil, que será a responsável legal pela aeronave.

4.3 A emissão do Certificado de Cadastro da aeronave pela ANAC é possibilitada pelo cadastro em seu Sistema, o SISANT, o qual pode ser feito por pessoa física ou jurídica. As aeronaves orgânicas que serão utilizadas nas operações em proveito dos Órgãos de Governo deverão ser cadastradas no Sistema da ANAC como sendo de responsabilidade de pessoa jurídica. Após a realização do cadastro da aeronave no SISANT, será possível inserí-la no sistema de acesso ao espaço aéreo por aeronaves remotamente pilotadas, o SARPAS, que pode ser acessado no seguinte endereço eletrônico: <https://servicos.decea.gov.br/sarpas/>.

Nota: O cadastro no SISANT deve seguir o que consta em legislação específica da ANAC. As aeronaves que já possuam outro tipo de certificação deverão apresentar documentação equivalente ao realizar seu cadastro no SARPAS.

4.4 Uma aeronave orgânica poderá operar sob as regras previstas neste Manual mediante o cadastro da pessoa jurídica, responsável pela aeronave no SARPAS. O representante da pessoa jurídica que pretenda operar como órgão diferenciado deverá cadastrá-la no SARPAS como “Instituição Pública (Federal, Estadual ou

Municipal)”. As informações de pessoa jurídica deverão ter identidade com aquelas informadas no Sistema da ANAC.

4.5 Uma vez emitida a Certidão no SISANT (sistema da ANAC) e no SARPAS, o representante da Pessoa Jurídica responsável pela aeronave, poderá compartilhá-la com quaisquer pilotos já cadastrados no SARPAS; bastando para isso inserir seu ID Operacional.

4.6 Indicando um operador que representa um órgão diferenciado e consequentemente que pretenda realizar operações diferenciadas é necessário que seja comprovado o vínculo com o órgão representado. Assim, o operador indicado (pessoa física) deverá acessar seu cadastro no SARPAS, clicar em “Cadastro” e depois na Aba “Habilitações”. Ao ser verificado o aviso indicativo de representação, deve ser enviado um novo arquivo, utilizando um documento de identificação funcional ou outro documento formal que comprove seu vínculo com o órgão diferenciado que é pretendido ser representado.

Nota 1: Mesmo que o documento de cadastro inicial utilizado pelo piloto comprove o vínculo com o órgão diferenciado é necessário o reenvio com o objetivo de ratificar o compartilhamento e a possibilidade de representatividade do órgão envolvido.

Nota 2: Caso não exista um documento funcional comprovativo do vínculo, podem ser utilizados outros documentos que comprovem a representatividade, tais como editais, ofícios, boletins etc.

Nota 3: Em função da possibilidade de contratação de terceiros, os órgãos de governo, caso não possuam aeronaves não tripuladas sob sua responsabilidade (orgânicas), poderão permitir que determinados perfis atuem em operações com as suas prerrogativas, em termos de acesso ao espaço aéreo somente, desde que as aeronaves envolvidas estejam sob a responsabilidade do Estado como corresponsável, não sendo eximidos (os contratados) de observar as exigências de outros órgãos reguladores.

4.6.1 A fim de que uma aeronave esteja sob a responsabilidade do Estado, faz-se necessário que ela seja orgânica ou tenha sido compartilhada no Sistema SARPAS entre o proprietário e o órgão envolvido na contratação, sendo o proprietário aquele que compartilha a sua aeronave no Sistema SARPAS.

4.6.2 Somente será permitida a operação, advinda de uma contratação, sob a luz do manual, aquela que tenha sido solicitada exclusivamente pelo CNPJ responsável (órgão diferenciado).

4.6.3 Caso uma aeronave de pessoa física seja compartilhada com um órgão diferenciado, contemplado no manual, não será necessária a comprovação de vínculo, já que a aprovação do compartilhamento dependerá exclusivamente do órgão favorecido. Todas as operações que utilizem a aeronave não orgânica deverão ser solicitadas exclusivamente pelo órgão favorecido, cabendo ao Estado a dissolução de compartilhamento, quando não houver mais a necessidade.

4.7 O cadastro efetuado no SISANT é aplicado às aeronaves civis e civis públicas, não contemplando as militares. Como o SISANT define a aptidão do piloto declarado, necessário é definir o instrumento que qualifica um piloto a operar uma aeronave não contemplada pelo sistema da ANAC.

Nota 1: As aeronaves militares (orgânicas das forças armadas) não serão cadastradas no SISANT, devendo o cadastro ser realizado diretamente no Sistema do DECEA (SARPAS). Para isso, faz-se necessário o envio de um documento formal, em forma de Ofício, cujo modelo encontra-se à disposição no sítio do DECEA (<https://servicos.decea.gov.br/sarpas/>).

Nota 2: No mesmo documento que informa sobre a aeronave deverão ser informados os dados de todos os integrantes dos UAS (pilotos, operadores de vídeo, operadores de fonte etc.) que participarão das operações diferenciadas, servindo assim como o documento que comprova o vínculo com o órgão diferenciado (DECEA, 2020).

Já a parte 5 dita sobre as responsabilidades do operador e do órgão diferenciado, detalhando o assunto:

O Operador de UA (piloto remoto em comando) é quem se dedica ou se propõe a isto quanto à pilotagem das aeronaves, sendo o responsável pela condução segura de todas as operações, tendo a autoridade final em sua atuação. Destaca-se que, no caso de contratação de terceiros, o Estado torna-se corresponsável pela operação e todas as consequências que dela forem advindas.

De acordo com o previsto no RBAC-E nº 94, na Subparte B – Regras de Voo, Parágrafo “d”, as operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo

Estado, chamadas aeronaves orgânicas, não exigem a posse de seguro com cobertura de danos a terceiros. Entretanto, com o objetivo de salvaguardar a segurança do Estado, das pessoas e dos operadores, os órgãos envolvidos em uma operação diferenciada são responsáveis por:

- a) adotar medidas internas preventivas, no sentido de garantia da segurança populacional, de animais e propriedades no solo;
- b) estabelecer procedimentos internos padronizados quanto às operações e segurança de voo;
- c) fornecer meios de coordenação para que os pilotos (operadores) possam realizar suas operações com um nível adequado de segurança;
- d) cumprir e fazer cumprir o previsto no manual em questão (DECEA, 2020).

Entrando no âmbito da operação em si; a seção 6 descreve os tipos e procedimentos, inclusive citando a utilização de óculos para visão em primeira pessoa (*FPV*), termo originário do inglês *First Person View*:

Existem vários tipos de operação que podem ser realizadas por aeronaves não tripuladas. Porém, somente serão tratados neste manual aquelas que são aplicáveis aos objetivos ligados aos órgãos de governo (diferenciados), cuja natureza é não recreativa. Assim, os voos de *UA* para tais órgãos deverão ser enquadrados normalmente quanto ao tipo em *VLOS*, o qual já foi definido no item 1.4.1.25.

Em condições normais, são desaconselhadas as operações utilizando óculos em *FPV*, porque sua utilização faz com que o piloto perca quase que completamente a capacidade de “ver e evitar”, ficando a mesma restrita ao campo de “visão” do equipamento. No entanto, devido ao caráter diferenciado das operações e em caso de necessidade fica a critério do piloto remoto a utilização dos óculos *FPV*, devendo ser usado um Observador de *UA*, mantendo assim a operação *VLOS*.

A autorização de uma operação *BVLOS* exige a emissão de documento adequado pela Agência Nacional da Aviação Civil no caso de aeronaves civis (DECEA, 2020).

O item 1.4.1.25 citado é o que define o tipo de voo *VLOS* para o DECEA. A definição é a mesma já mencionada nesta pesquisa, segundo o IBAPE. Por fim, A parte 7 do

manual diz sobre as regras de acesso ao espaço aéreo. O item 7.1.2 trata dos parâmetros a serem seguidos, descrevendo-os:

7.1.2 Atenção especial às áreas próximas de aeródromos e helipontos, devendo ser rigorosamente observados os seguintes parâmetros:

- a) Nas zonas de aproximação ou de decolagem de aeródromos (15° para cada lado do eixo da pista) até a distância de 2 km (dois quilômetros), medida a partir da cabeceira da pista, operações aéreas com *UA* não devem acontecer;
- b) Ainda nas zonas de aproximação e de decolagem, a partir de 2 km e até 5 km, não deverão ocorrer operações de RPA acima de 40 m;
- c) Fora das zonas de aproximação e de decolagem não deverão acontecer voos de *UA* até 500 m (quinhentos metros) horizontais de distância das áreas de operações de aeródromos, sendo tal distância medida a partir da extremidade mais próxima da área patrimonial do respectivo aeródromo;
- d) A partir do limite previsto na alínea acima e até 2 km (dois quilômetros), as operações não deverão ultrapassar 60 m de altura.
- e) As operações próximas de helipontos não devem manter uma altura cuja diferença seja inferior a 10 m (dez metros) da elevação do heliponto. Na condição de operar próximo de helipontos, cuja elevação seja próxima do solo ou no nível deste, caberá ao piloto remoto observar a aproximação de aeronaves de asas rotativas, sendo o responsável pela segurança de sua operação.

Nota 1: Os parâmetros citados devem ser rigorosamente cumpridos. Sendo descumprido qualquer um deles, é condição fundamental a coordenação antecipada com o órgão *ATS* da área ou, na falta deste, com o Administrador Aeroportuário Local, podendo inclusive ser determinada pelo órgão competente a suspensão das atividades aéreas no aeródromo envolvido. Portanto, os operadores devem ter conhecimento dos meios de contato com todos os órgãos pertinentes em sua área de operação(...) (DECEA, 2020).

A sigla *ATS* mencionada na citação faz referência aos serviços de tráfego aéreo, significando *Air Traffic System*. Já o item 7.2.1 trás as regras gerais de voo:

7.2.1.1 Conforme já citado, necessidades diferenciadas ligadas às operações e a seus objetivos podem exigir parâmetros e procedimentos diferentes dos previstos. Dessa forma, tem-se que:

- a) os cadastros de pessoa jurídica (órgão representado) e pessoa física (representante ou contratada) serão realizados conforme o previsto;
- b) as solicitações de operação poderão ser realizadas por pessoa física (piloto) ou por pessoa jurídica (órgão representado), este indicando a qual piloto será atribuída a operação. Entretanto, ressalta-se que tal indicação só será possível após autorização do próprio Piloto, via SARPAS;
- c) quando se tratar de contratação, uma aeronave não orgânica que tenha sido compartilhada por seu proprietário com um órgão diferenciado somente poderá utilizar o previsto no manual em questão se a operação for solicitada pelo próprio órgão favorecido, agora responsável pela aeronave que fora compartilhada e corresponsável pela operação pretendida.

7.2.1.2 Nos casos de ser possível e necessário alocar um código transponder, para as operações dos órgãos de Governo, o órgão ATC deverá atribuir e manter um código pertencente à família “- 0200 a 0277”.

7.2.1.3 No caso de operações diferenciadas, quando for necessário o contato via rádio VHFAM entre o piloto e o órgão *ATS*, impreterivelmente, deverá ser realizado um *briefing* entre os envolvidos, com o objetivo de coordenar os procedimentos a serem adotados. Sendo possível o contato bilateral via rádio VHF-AM entre o piloto e o órgão *ATS*, o código de chamada a ser utilizado será composto da sigla RPA, do nome do órgão que representa, somado aos dois últimos dígitos do número do SISANT ou matrícula da aeronave. Este código também pode ser utilizado para identificação dos interlocutores em um contato telefônico.

Exemplos:

- RPA PREFEITURA 59 – Aeronave nº 59 (SISANT ou matrícula) da prefeitura;
- RPA BASE AÉREA 23 – Aeronave nº 23 de uma determinada base aérea; e
- RPA GUARDA MUNICIPAL 61 – Aeronave nº 61 da guarda municipal.

Nota 1: Em caso de necessidade operacional, exclusivamente visando não denunciar as operações em caráter diferenciado, poderão ser utilizados códigos fictícios.

Entretanto, a fim de manter o nível de segurança, todos os procedimentos deverão ser combinados em *briefing* realizado pelo piloto remoto em comando e o controlador do órgão *ATC*.

Nota 2: Os órgãos *ATS* deverão estar familiarizados com os indicativos de chamada tanto reais quanto fictícios, visando à identificação da operação diferenciada em espaço aéreo sob sua responsabilidade.

7.2.1.4 Antes de trabalhar dentro do previsto para as operações de órgãos diferenciados, deve ser realizada uma avaliação do risco operacional. Para tal, devem ser seguidas as orientações emitidas pela ANAC, em sua Instrução Suplementar (IS) nº E94-003.

7.2.1.5 Todos os operadores (pilotos remotos) que pretendam utilizar uma *UA* de um órgão de governo deverão possuir cadastro no SARPAS e estar aptos à pilotagem das aeronaves que estiverem sob sua responsabilidade ou que estejam compartilhadas com seu cadastro.

7.2.1.6 Devem ser evitadas formações meteorológicas ou nevoeiro.

7.2.1.7 Não deverão ser transportados artigos considerados perigosos ou substâncias que, na condição de transportadas por via aérea, possam constituir risco à saúde, à segurança, à propriedade e ao meio ambiente.

7.2.1.8 Adequar-se aos espaços aéreos condicionados, cabendo exclusivamente ao piloto verificar se a operação pretendida atende ao esperado.

7.2.1.9 Evitar a operação próxima a equipamentos que possam causar interferências na radiofrequência utilizada (radares, linhas de transmissão, auxílios à navegação, antenas de telecomunicação, dentre outros), que poderão interferir no controle da aeronave.

7.2.1.10 Quando forem verificadas aproximações de quaisquer aeronaves tripuladas, as operações com *UA* deverão ser paralisadas (DECEA, 2020).

A sigla *ATC* mencionada faz referência ao controle de tráfego aéreo, significando *Air Traffic Control*. E o item 7.2.2 trata especificamente das operações diferenciadas:

As operações no perfil de órgãos diferenciados podem mostrar necessidades específicas, tornando impraticável a total observância e o fiel cumprimento dos

parâmetros estabelecidos no Manual. Sendo necessário trabalhar fora dos parâmetros, torna-se condição essencial uma coordenação antecipada com o órgão ATS mais próximo ou com o órgão regional responsável pela área de operação.

7.2.2.1 Parâmetros a serem observados:

a) Zona Urbana

1 - Nas zonas de aproximação ou de decolagem de aeródromos (15° para cada lado do eixo da pista) até a distância de 2 km (dois quilômetros), medida a partir da cabeceira da pista, não devem ser realizadas operações aéreas com *UA*.

2 - Nas zonas de aproximação ou de decolagem de 2 km até 5 km, não devem ser realizadas operações de *UA* acima de 40 m.

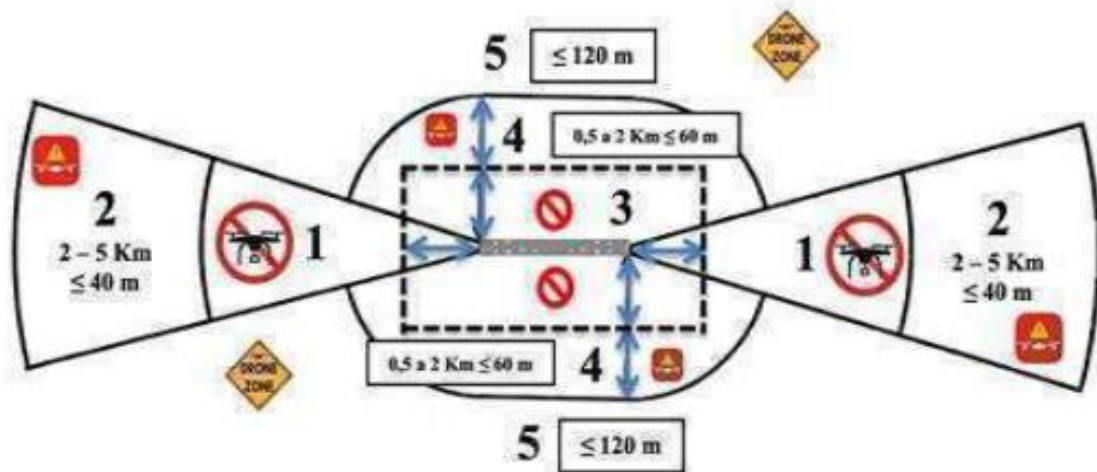
3 - Fora das zonas de aproximação ou de decolagem, não devem acontecer voos de *UA* até 500 m (quinhentos metros) horizontais de distância das áreas de operações de aeródromos, sendo tal distância medida a partir da extremidade mais próxima da área patrimonial do respectivo aeródromo.

4 - Fora das zonas de aproximação ou de decolagem dos aeródromos e além de 500 m (quinhentos metros) horizontais até a distância de 2 km (dois quilômetros) das suas áreas de operações o trabalho com RPA é permitido no máximo até 60 m *AGL*.

5 - Fora das áreas citadas nos quatro itens acima o voo pode acontecer no máximo até 120 m *AGL* e a operação deverá ser em *VLOS(...)* (DECEA, 2020).

Há um desenho no manual que clarifica bem as condições de voo ditas, como detalhado pela Figura 20:

Figura 20: Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas zonas urbanas



Fonte: DECEA, 2020.

O subitem 7.2.2.1 ainda apresenta notas relativas às condições de voo:

Nota 1: As operações diferenciadas devem ser feitas sem causar interferência nos corredores visuais e nas atividades da aviação agrícola.

Nota 2: A operação proveniente dos órgãos de governo prevista no manual deve ser realizada em VLOS. Operações que forem programadas na condição BVLOS deverão se ater às condicionantes preconizadas na ICA 100-40.

Nota 3: Exclusivamente em operações VLOS, em termos de distâncias de aeródromos e alturas a serem respeitadas, sendo necessário operar fora dos limites estabelecidos, deve ser realizada, antecipadamente, uma estreita coordenação com o órgão ATS mais próximo ou órgão regional responsável pela área (DECEA, 2020).

Importante mencionar que a ICA 100-40 é um documento do DECEA que trata de um modo geral sobre aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. E o subitem 7.2.2.1 também trata dos parâmetros a serem observados no meio rural:

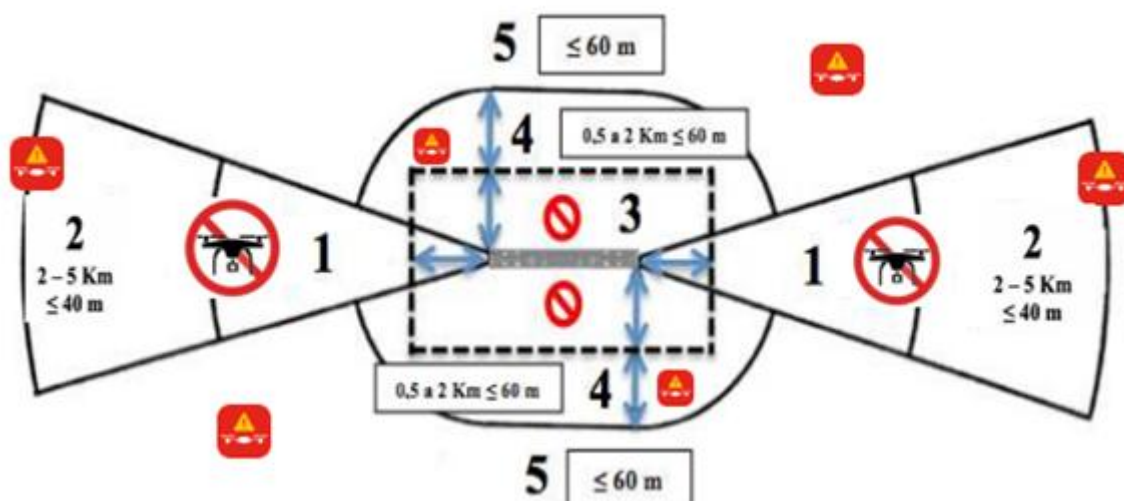
b) Zona Rural

1, 2, 3 e 4 - Observar e cumprir os mesmos parâmetros citados para a zona urbana.

5 - Fora das áreas citadas nos quatro itens acima, o voo pode acontecer no máximo até 60 m AGL e a operação deverá ser em VLOS (DECEA, 2020).

O desenho clarificador das condições de voo está na Figura 21:

Figura 21: Áreas para operações de RPA em operações diferenciadas nas zonas rurais



Fonte: DECEA, 2020.

E as notas relativas são:

Nota 1: As operações diferenciadas devem ser feitas sem causar interferência nos corredores visuais e nas atividades da aviação agrícola.

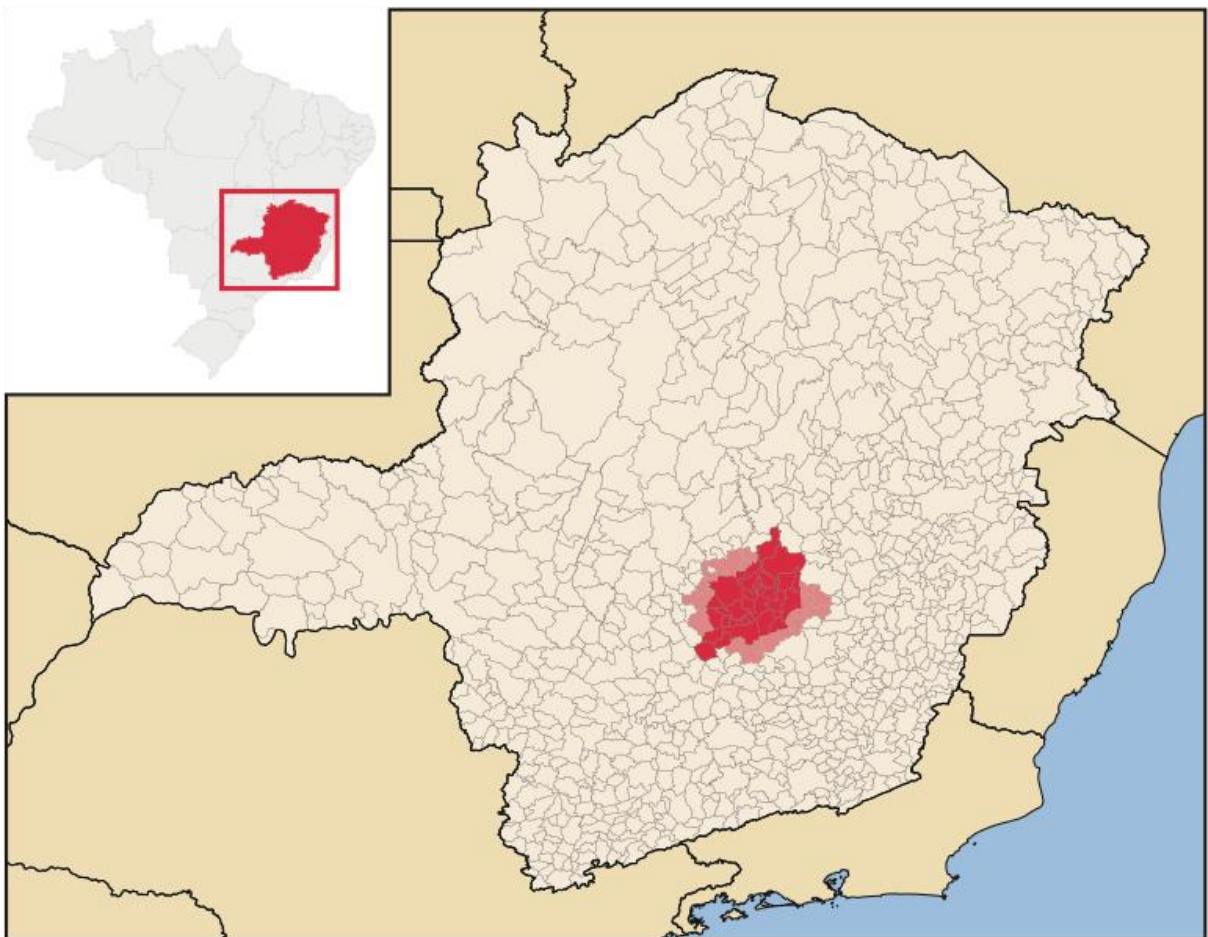
Nota 2: A operação em proveito dos órgãos de governo prevista no manual deve ser feita em *VLOS*. As que forem programadas para serem *BVLOS* devem se ater às condicionantes preconizadas na ICA 100-40.

Nota 3: Exclusivamente em operações *VLOS*, em termos de distâncias de aeródromos e alturas a serem respeitadas, sendo necessário operar fora dos limites estabelecidos, deve ser realizada, antecipadamente, uma estreita coordenação com o órgão ATS mais próximo ou órgão regional responsável pela área (DECEA, 2020).

3.4 Características gerais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)

É relevante a caracterização da RMBH. Na figura a seguir é notada a sua localização no interior do estado de Minas Gerais. As cidades da região estão destacadas em vermelho e, em roza, as que complementaríamos de modo a formar o colar metropolitano. A Figura 22 apresenta a localização da RMBH.

Figura 22: Mapa da Região Metropolitana de Belo Horizonte

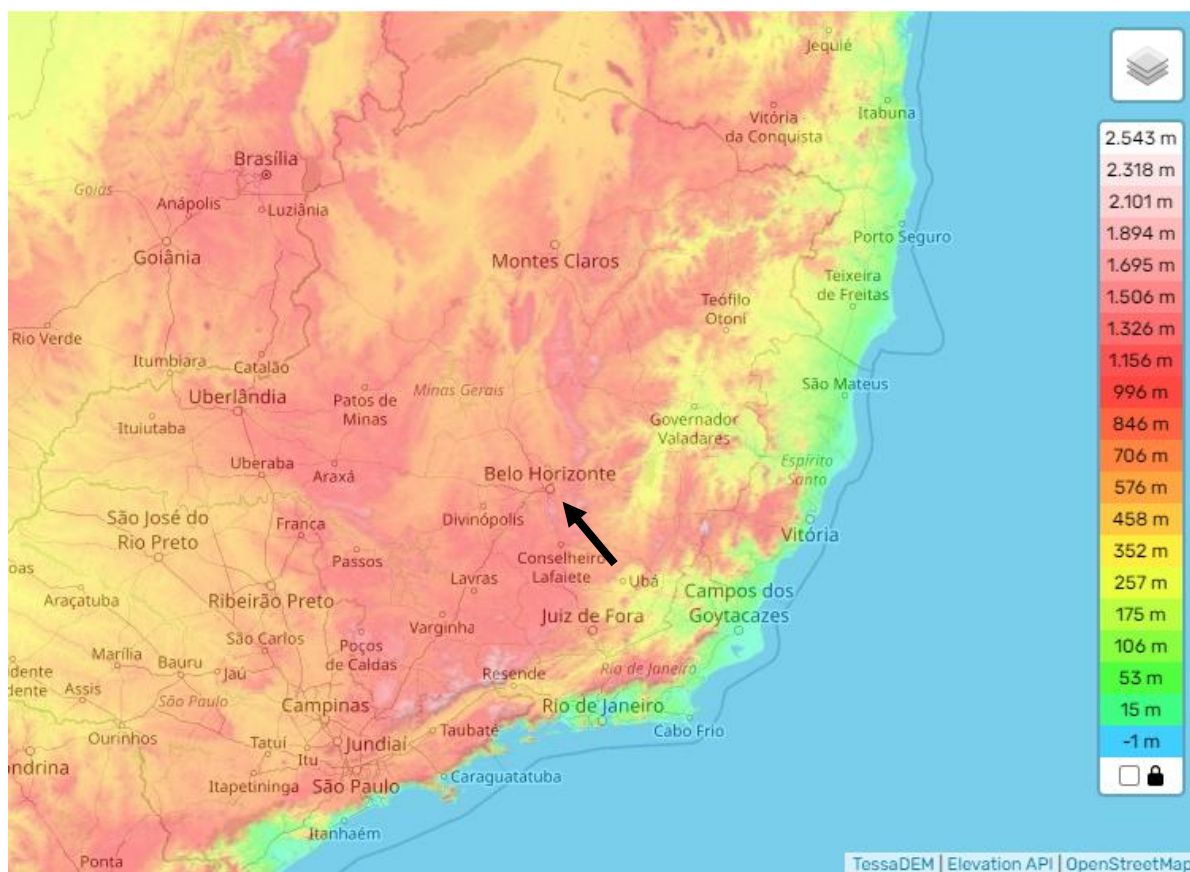


Fonte: GIRO720, 2008.

Outro aspecto regional que influencia significativamente no voo de RPA é a altitude com relação ao nível do mar. No caso da RMBH, a altitude será em torno de 800m, não gerando dificultadores para a operação. O mapa abaixo evidencia isto, cores representativas da região metropolitana são tons de alaranjado tendendo ao

amarelado, de acordo com uma escala de cores especificada e há uma seta indicando a localidade, mostrado pela Figura 23.

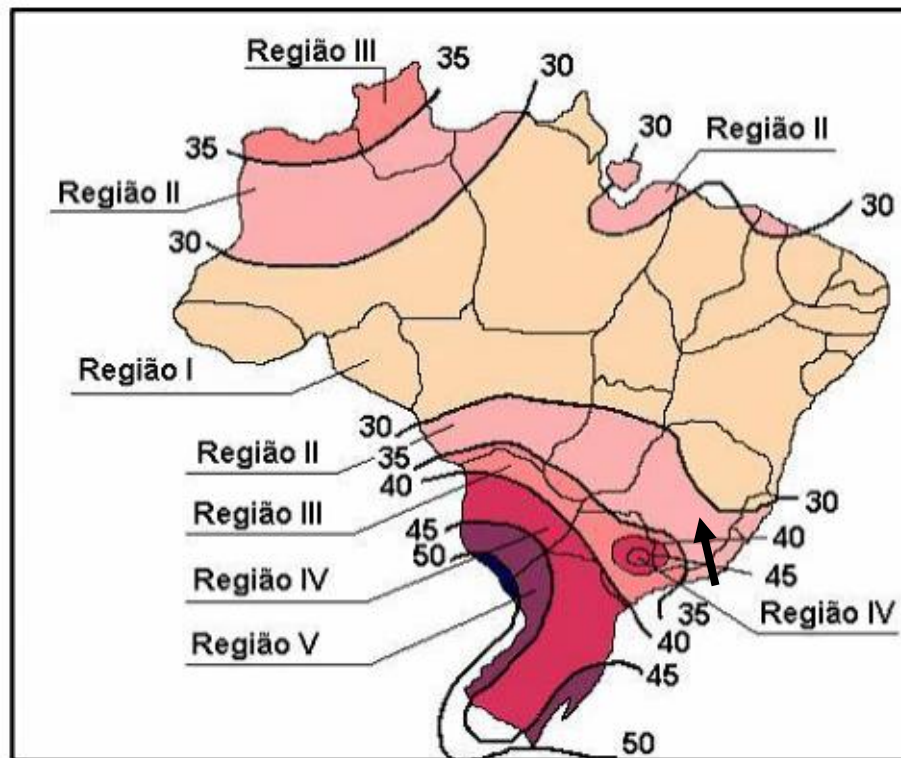
Figura 23: Mapa topográfico e de relevo de Minas Gerais com indicação de localização da RMBH (entorno de Belo Horizonte)



Fonte: Adaptado de TOPOGRAPHIC-MAP.COM, 2023.

E a questão dos ventos regionais também está fortemente ligada ao voo exercido pela RPA. Neste ponto, a RMBH apresenta dados favoráveis à utilização da aeronave, apresentando uma velocidade básica máxima de vento de 32,5 m/s (117 km/h); o que exige atenção por parte do operador, mas nenhum procedimento excepcional. Tal valor é representado por uma média envolvendo as isopetas de velocidade de vento máximas que delimitam a região em questão (30 m/s e 35 m/s). O mapa da Figura 24 mostra uma seta indicadora da localidade da RMBH e as isopetas brasileiras, ilustrando bem a região correspondente, definida como região II.

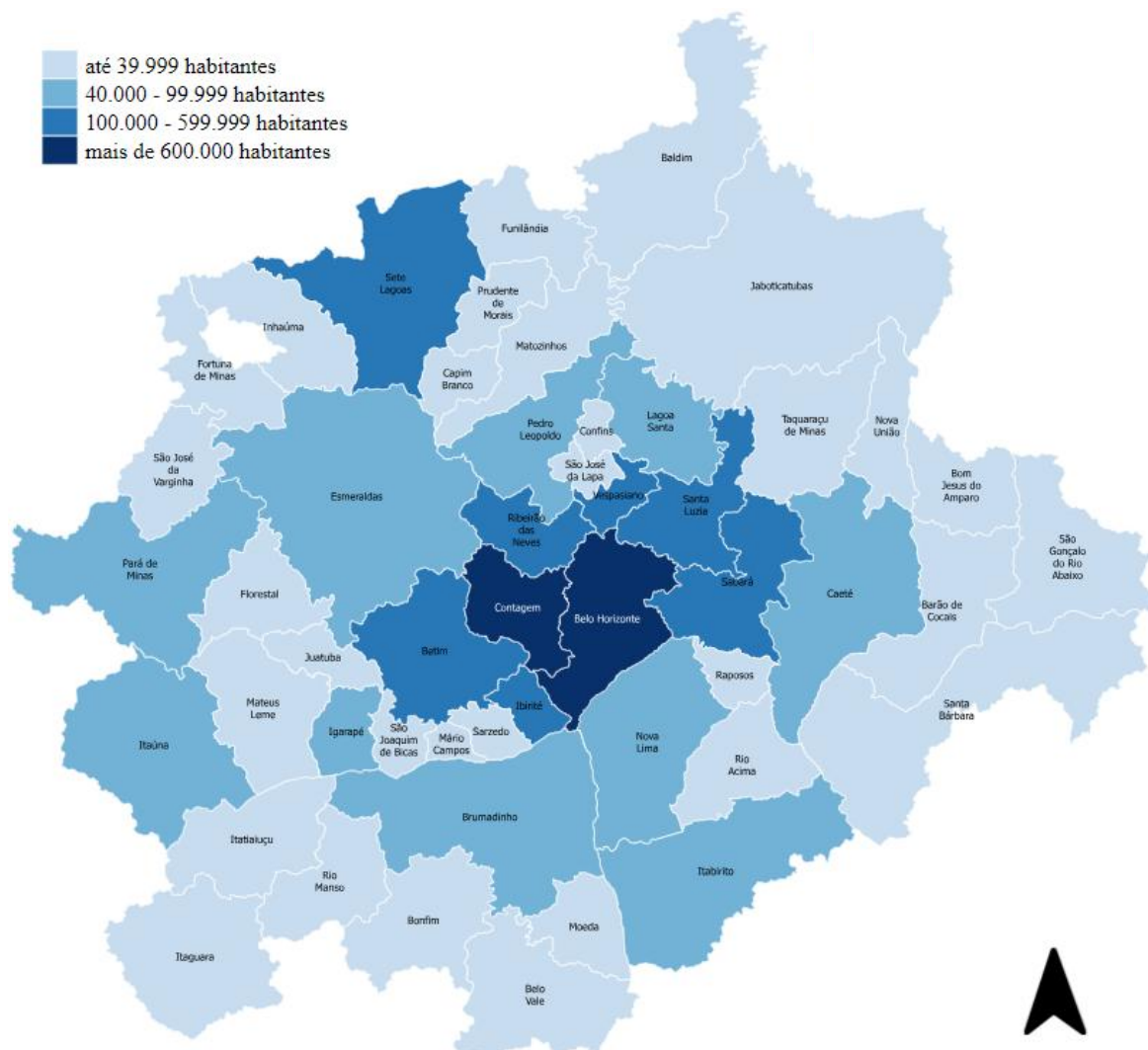
Figura 24: Mapa das isopetas de velocidade básica do vento no Brasil



Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013.

A divisão dos municípios obviamente também é importante para o estudo da região. A Figura 25 identifica bem os municípios pertencentes à RMBH (núcleo metropolitano) e aqueles que representam o colar metropolitano.

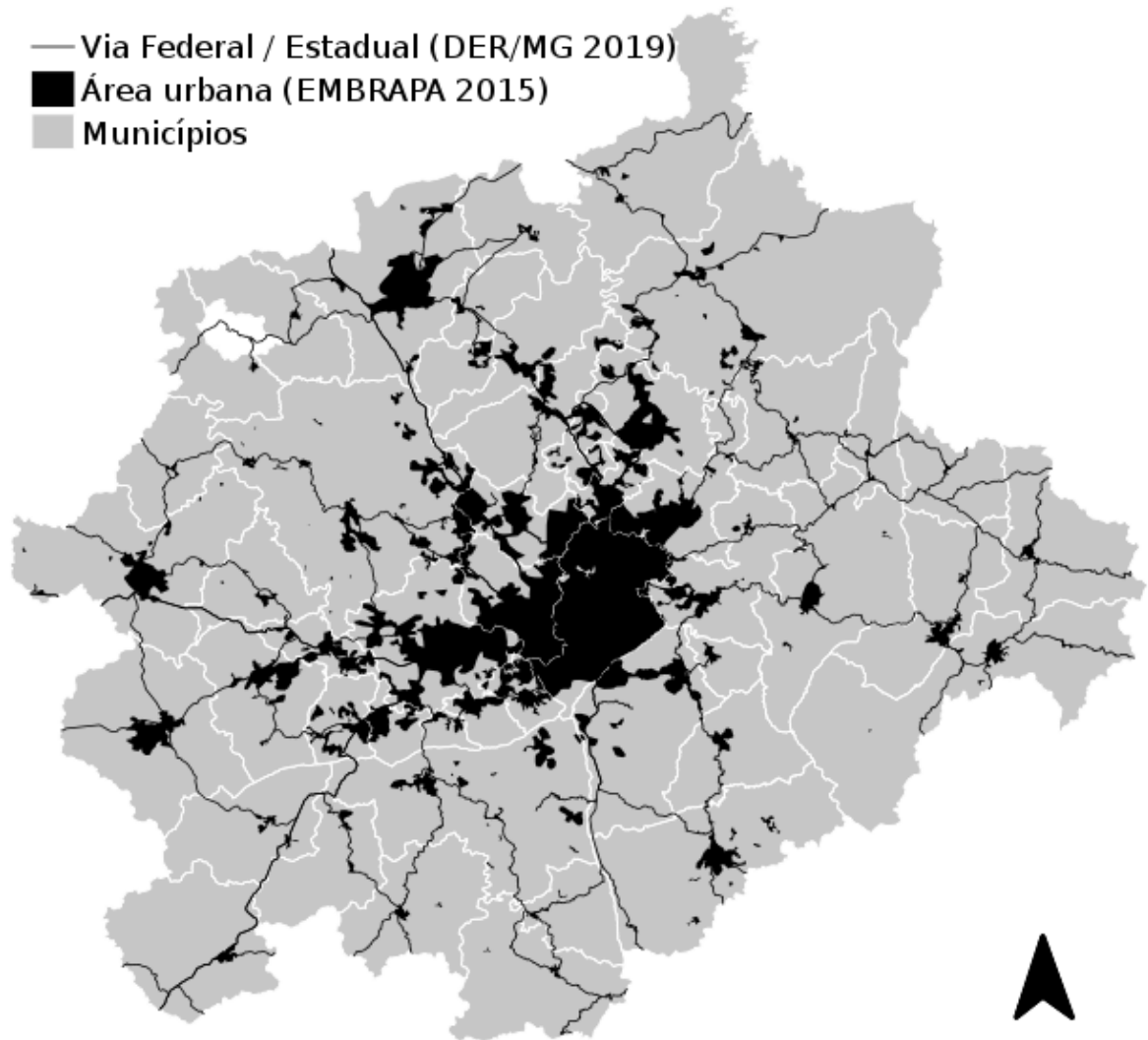
Figura 27: Classificação dos municípios que constituem a RMBH e o colar metropolitano segundo número de habitantes



Fonte: Adaptado de APOLLO BR, 2020a.

Além disso, a noção do tamanho e distribuição da malha urbana dentro dos municípios é fundamental, já que o voo de *Drone* realizado em área densamente povoada é diferente daquele sob um local de população escassa. No mapa da Figura 28; contendo a região e o colar metropolitano; há uma disposição das vias federais e estaduais de acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER/MG). Também mostra uma disposição da malha urbana segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Figura 28: RMBH e colar metropolitano apresentando ligações viárias segundo o DER/MG e malha urbana de acordo com a EMBRAPA



Fonte: Adaptado de APOLLO BR, 2021.

3.5 Utilização da RPA pelas prefeituras das cidades da RMBH

O conhecimento de como se dá a utilização das RPA pelas prefeituras da RMBH será exposto, de acordo com as informações fornecidas por cada cidade que já adota a utilização das aeronaves neste sentido. Parâmetros destas, passíveis de uso

estatístico, serão levantados, como: peso (g), velocidade máxima de voo (m/s) e duração da carga de bateria (s).

A prefeitura municipal de Betim disse: “Informo que a prefeitura de betim possui os *drones Phantom 4 pro* e *Mavic*, que são utilizados pela guarda municipal e o setor de projetos públicos com finalidade de segurança pública, fotos aéreas em áreas de projeto/obra e em eventos de inauguração de obras. Referente ao peso, velocidade e duração de baterias, segue link para verificar no próprio site da fabricante, pois cada drone tem especificações diferentes. <https://www.dji.com/br/phantom-4-pro/info>. Vale ressaltar que a bateria chegando aos 30% de energia, você deverá dar o comando de *homepoint* para que o *drone* não acabe a bateria no ar e caia em local que possa causar acidente. Obs.: para o *drone Phantom 4 pro* é obrigatório fazer o seguro reta e todos os *drones* devem ser cadastrados na ANAC e DECEA. Atenciosamente, Luiz Carlos M. Rosa - divisão de Topografia Superintendência de Projetos Públicos”.

A prefeitura municipal de Brumadinho informou, por meio de seu Departamento de Patrimônio, possuir em seu acervo 2 *drones*. E que são utilizados pela Secretaria de Governo (Departamento de Comunicação) e pela Secretaria de Meio Ambiente (Departamento de Fiscalização).

Com relação à prefeitura municipal de Confins houve a seguinte informação: “Em reunião realizada com o setor de assessoria de Imprensa nesta manhã, o servidor Leonardo informou que utiliza *drone* no município apenas para publicidade, que devido a proximidade com o Aeroporto internacional Tancredo Neves qualquer vôo de *drones* necessita de autorização aeroportuária, dificultando e restringindo a utilização dos aparelhos para demais situações”.

A informação conseguida proveniente da prefeitura municipal de Florestal foi uma mensagem dizendo que *drones* são utilizados em situações muito excepcionais e, sendo assim, não há material próprio. Diz ainda que as aeronaves utilizadas ficaram a cargo da Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente; Secretaria Municipal de Obras, por intermédio do Setor de Engenharia.

A prefeitura municipal de Lagoa Santa forneceu a seguinte mensagem: “A Secretaria de Desenvolvimento Urbano informa que se utiliza a aeronave modelo *DJI Phantom 4*. Tal modelo tem como características o peso de 1380 g, velocidade de subida 6m/s, velocidade de descida 4m/s, alcance 5 km, tempo de vôo aproximadamente 28 minutos. Bateria Lipo 4S, 5350 mAh (30 minutos), 462g, voltagem 15.2V. A aeronave em questão é utilizada pela Coordenadoria de Fiscalização, nos setores de Postura, Meio-Ambiente e Obras”.

A mensagem da prefeitura municipal de Mateus Leme informa que disponibilizam duas unidades *drones* em seus trabalhos: *DJI Mavic Mini* e *DJI Phantom 4*. Ambas usadas especificamente pela Assessoria de Comunicação.

A prefeitura municipal de Igarapé disse trabalhar com o modelo *Drone DJI Mini 2*, atendendo as demandas da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Já a prefeitura municipal de Sabará afirmou o seguinte: “Não utilizamos *drones* como rotina nos serviços da Prefeitura. A Prefeitura não possui *drone* em seu patrimônio. Esporadicamente, aeronaves são utilizadas em cobertura de eventos, para publicidade, variando de modelo, tamanho, velocidade (não tem um padrão), contratadas de terceiros”.

Proveniente da prefeitura municipal de São Joaquim de Bicas não foi conseguida informação sobre RPA, porém foi achado no diário oficial do município informação indicativa do modelo de aeronave utilizada. Seria um *drone* da marca DJI, que pode se operado pelo controle tipo GL 300. Um extrato, do dia 25 de maio de 2023 diz: “Extrato Ratificação do Processo Administrativo de Compras nº 70/2023, Compra Direta nº 2139/2023 objetivando a manutenção de aparelho (*drone*) do tipo DJL modelo GL 300, com fornecimento de mão de obra, peças e serviços. O valor total do serviço é de R\$ 6.580,00 (seis mil e quinhentos e oitenta reais). Partes: PMSJBICAS x BH DRONE FILMAGEM E COMERCIO LTDA. inscrita no CNPJ nº: 30.559.880/0001-00.

A prefeitura municipal de Contagem diz o seguinte a respeito de sua utilização de RPA: “Na sua atuação, a Guarda Civil de Contagem atende os princípios da legalidade, pautados na necessidade, conveniência, proporcionalidade, moderação, indo ao encontro dos instrumentos internacionais como o Código de Conduta para os Encarregados da Aplicação da Lei adotado pela Assembleia Geral das Nações Unidas na sua Resolução 34/169, de 17 de dezembro de 1979. Deste modo, no presente projeto colabora para satisfazer a necessidade de garantir a sensação de segurança, dispõe de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) e outros acessórios pela Guarda Civil que auxiliam no patrulhamento preventivo e ostensivo na cidade de Contagem, sendo esta uma das várias medidas de segurança a serem adotadas no controle de situações que possam colocar em risco a segurança do servidor e munícipes”.

E a prefeitura municipal de Belo Horizonte disse fornecer as informações relativas à RPA, por meio da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A (Prodabel): “A Gerência de Manutenção do Cadastro Territorial Multifinalitário - GCGS-PB, da Superintendência de Geoprocessamento Corporativo - SGS, da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte - Prodabel, atua na geração de imagens aéreas utilizando *drones*. Além da geração de imagens para direcionamento das ações de atualização da base cartográfica do município de Belo Horizonte, mantida pela GCGS-PB, geramos imagens (ortofoto e dados de imagem 3D) para diversos órgãos do Poder Público Municipal que atuam com fiscalização, tributo territorial, políticas urbanas, regulação urbana, obras, saúde, meio ambiente, regularização fundiária, transporte, planejamento...”. E complementou dizendo: “Utilizamos o *drone Phantom 4 PRO* e o *Phantom 4 RTK*, ambos com peso de decolagem igual a 1,39 kg. Como nossas operações são para a geração de ortofotos e dados de imagem 3D, com altura de no máximo 120 m, o *drone* geralmente está em uma velocidade de 7,9 km/hora; sendo que o drone pode chegar, no modo esportivo, a 70 km/h. Hoje o *drone* com RTK é o que atende melhor”.

3.6 RPA disponíveis no mercado passíveis de uso para o caso do presente trabalho

Os resultados de uma pesquisa de mercado serão expostos; primeiramente apresentando as RPA com suas características principais, utilizadas pelas prefeituras da RMBH, conforme o que já foi citado na presente pesquisa (caso o modelo já esteja fora de linha, será apresentado um correspondente e atual). Em seguida haverá a exposição referente às demais aeronaves. As características técnicas totais de cada uma delas estão no anexo A.

3.6.1 *Phantom 4 Pro V2.0*

A RPA Phantom 4 Pro V2.0 pertence à empresa DJI. A foto da Figura 29 foi extraída do próprio site da organização.

Figura 29: Utilização da RPA Phantom 4 Pro V2.0 por meio de seu controle remoto



Fonte: DJI, 2023o.

3.6.2 *Mavic 3 Pro*

O *drone* Mavic 3 Pro também pertence à empresa DJI, possuindo grande potencial para fotos e vídeos graças a sua capacidade de trabalhar com 3 câmeras. A imagem da Figura 30, retirada do site da DJI, mostra com detalhamento a RPA.

Figura 30: Imagem detalhada do drone Mavic 3 Pro



Fonte: DJI, 2023n.

3.6.3 DJI Mini 3 Pro

O DJI Mini 3 Pro é um drone também pertencente a DJI (como seu próprio nome indica). São dois os pontos que destacam-se nele, é uma aeronave muito leve e pequena. Seu peso de 249g a torna utilizável sem a necessidade de licença por parte de diversos órgãos, tanto no Brasil quanto no exterior. A imagem da Figura 31, retirada do site da DJI, mostra com detalhamento o drone.

Figura 31: Imagem detalhada do drone Mini 3 Pro

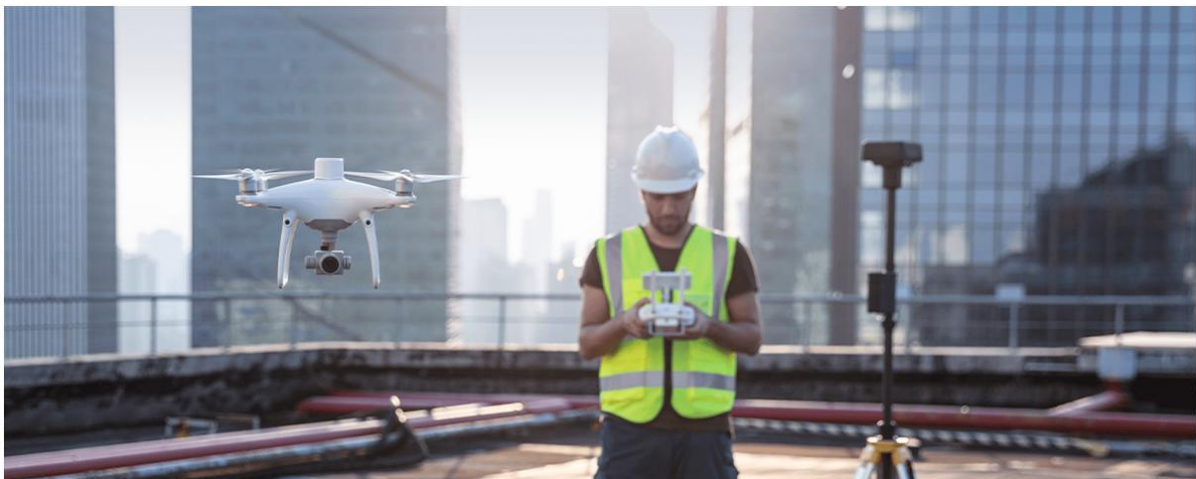


Fonte: DJI, 2023m.

3.6.4 Phantom 4 RTK

O *drone* Phantom 4 RTK é uma máquina cuja especialidade é a precisão das imagens capturadas. A diferença espacial entre um ponto real e um gerado pela aeronave por meio de fotogrametria é em torno de 50 cm. Há ainda a possibilidade de uso de uma antena especial localizada fora da RPA (dispositivo RTK) capaz de reduzir ainda mais esta diferença, passando-a para algo em torno de 1 cm. Na foto da Figura 32 são percebidos (da esquerda para a direita) a aeronave, o operador e a antena especial.

Figura 32: Foto da aeronave Phantom 4 RTK em uso



Fonte: DJI, 2023p.

3.6.5 DJI Air 3

O DJI Air 3 é um *drone* de última geração. Seus destaques são um sistema de detecção de obstáculos que facilita a operação da RPA, câmeras duplas principais e duração prolongada da bateria da aeronave. A foto da Figura 33 mostra a RPA em detalhamento:

Figura 33: Foto da aeronave DJI Air 3 em detalhe



Fonte: DJI, 2023i.

3.6.6 DJI Avata

O *drone* DJI Avata possui uma aparência bem diferente das demais RPA multirrotores, contendo um sistema de proteção para as hélices e capacidade de auto virar após eventuais quedas de “cabeça para baixo”. Além disso, seu pequeno tamanho e agilidade são destaques da aeronave. Cabe ressaltar que possui compatibilidade para equipamentos que dão suporte ao voo em modo primeira pessoa (óculos virtuais), embora esse tipo de voo não seja indicado para os trabalhos de engenharia civil. A seguir é tida uma imagem da RPA, por meio da Figura 34:

Figura 34: Foto da aeronave DJI Avata em detalhe



Fonte: DJI, 2023j.

3.6.7 DJI Inspire 3

O DJI Inspire 3 é muito veloz e com um sistema de câmera muito poderoso, permitindo um trabalho eficiente de fotogrametria ou topografia. A aeronave atinge inclusive o mercado cinematográfico devido as suas características.

A Figura 35 apresenta a RPA em uso:

Figura 35: Foto da aeronave DJI Inspire 3 em uso por um piloto e um observador controlador de câmera



Fonte: DJI, 2023l.

3.6.8 DJI FPV

O drone DJI FPV, como o próprio nome sugere, é voltado para o modo de voo com perspectiva de visão em primeira pessoa. Esse modo de visão pode tanto refletir um voo real quanto um apenas virtual. Além disso, talvez por ser um dos últimos modelos lançados pela empresa DJI, possui altas aceleração de movimento, velocidade máxima e capacidade de carga respectiva a sua bateria. E conta com um sistema de segurança no qual, com apenas um toque em um botão específico do controle remoto, a aeronave diminui a sua velocidade rapidamente e fica em voo estacionário.

A Figura 36 ilustra a RPA:

Figura 36: Foto detalhada da aeronave DJI FPV



Fonte: DJI, 2023k.

3.6.9 ANAFI Ai

O drone ANAFI Ai, fornecido pela empresa *Parrot*, é promissor quanto à presente pesquisa. A aeronave possui flexibilidade para quase todos os tipos de uso, mantendo um alto nível de qualidade quanto às suas características relativas a estes. Uma imagem da RPA é exposta na Figura 37:

Figura 37: Ilustração detalhada da aeronave ANAFI Ai



Fonte: PARROT, 2023a.

3.6.10 ANAFI USA

O drone ANAFI USA, fornecido pela empresa *Parrot*, é do mesmo nível de qualidade que a aeronave ANAFI Ai. Porém, tem certo foco em atividades de termografia ao invés daquelas relacionadas à fotogrametria. Uma imagem da RPA ANAFi USA é exposta na Figura 38:

Figura 38: Ilustração detalhada da aeronave ANAFI USA



Fonte: PARROT, 2023b.

3.6.11 Skydio X10

O drone *Skydio X10* é leve, apesar de grande. Tal situação torna-o uma aeronave ágil e potente. Também é adaptada para trabalhos fotogramétricos e termográficos, além de possuir resistência à poeira e chuva. A Figura 39 mostra uma imagem da aeronave, extraída do site da empresa fabricante, a *Skydio*:

Figura 39: Ilustração detalhada da aeronave *Skydio X10*



Fonte: SKYDIO, 2023a.

3.6.12 *Skydio 2+*

O *drone Skydio 2+* é de última geração, possuindo capacidade para serviços fotogramétricos. Possui um diferencial por ser uma RPA que teve o desenvolvimento voltado para a sua autonomia, tem um elevado nível de inteligência artificial (IA). A Figura 40 mostra uma imagem da aeronave, extraída do site da empresa fabricante, a *Skydio*:

Figura 40: Ilustração detalhada da aeronave *Skydio 2+*



Fonte: SKYDIO, 2023c.

4 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho consiste em primeiramente por em tabela os dados relativos aos parâmetros principais de cada um dos 12 modelos de RPA descritos no presente trabalho, na perspectiva de atenderem aos objetivos deste.

Em seguida, os dados de cada parâmetro são transformados em informações percentuais relativas ao de maior valor. Após, cada uma será multiplicada por um fator, de modo que o parâmetro correspondente recebe uma pontuação ponderada de acordo com a importância que teria em projetos flexíveis e iniciais de RPAS em prefeituras de cidades da RMBH. Tal ponderação tem como base as informações adquiridas a respeito do uso das aeronaves, recomendações e exigências; além dos dados sobre a localização, geomorfologia e população da RMBH. Uma matriz *SWOT* (*Strengths Weaknesses Opportunities Threats*) aplicada às características desta região também auxiliará no processo de ponderação por meio do fornecimento de informações qualitativas. Este tipo de matriz, como sugere seu próprio nome em inglês, fornece uma análise do objeto foco considerando principalmente os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças.

Finalmente, dos 12 modelos de *drones* pré-selecionados avaliados, é considerado o ideal para o projeto RPAS do presente trabalho aquele que possuir maior pontuação total. Ele corresponde ao modelo de RPA pretendido. Desse processo, também resultará uma tabela com as aeronaves ranqueadas e suas respectivas pontuações.

A Tabela 1 apresenta os 12 modelos de RPA avaliados e os parâmetros das aeronaves a serem ponderados:

Tabela 1 – Os 12 modelos de RPA avaliados e seus parâmetros

Modelo de RPA	Res. máx. ao vento (m/s)	Velocidade máx. de voo (m/s)	Duração da carga de bateria (s)	Segurança*	Fotogrametria**	Termografia**
Phantom 4 Pro V2.0	10	20	1800	1	0	0
Mavic 3 Pro	12	21	2580	1	0	0
DJI Mini 3 Pro	11	16	2820	1	0	0
Phantom 4 RTK	10	16	1800	1	1	0
DJI Air 3	12	21	2760	1	0	0
DJI Avata	11	27	1080	1	0	0
DJI Inspire 3	14	26	1680	1	1	0
DJI FPV	14	39	1200	1	0	0
ANAFI Ai	14	17	1920	3	1	0
ANAFI USA	15	15	1920	3	0	1
Skydio X10	12	20	2400	3	1	1
Skydio 2+	11	17	1620	1	1	0

* Avaliado de acordo com a segurança em si e a quantidade de determinados tipos de certificados relativos às resistências da RPA (1 – condições mínimas de operação segura; 2 – condições mínimas de operação segura + certificado de resistência à chuva; 3 – condições mínimas de operação segura + certificado de resistência à chuva + certificado de resistência à poeira).

** Avaliado na perspectiva da RPA possuir ou não a tecnologia de modo pretendido ao caso, de acordo com a pesquisa realizada vinculada ao presente trabalho (0 – não possui; 1 – possui) .

Com a intenção de facilitar a ponderação dos parâmetros da tabela anterior, no sentido de precisar um valor mais adequado, os dados dela são transformados em valores percentuais. O valor mais alto levantado de cada parâmetro corresponde a 100%.

A Tabela 2 mostra os modelos de RPA avaliados e os parâmetros em dados percentuais:

Tabela 2 – Os 12 modelos de RPA avaliados e seus parâmetros com dados percentuais

Modelo de RPA	Res. máx. ao vento	Velocidade máx. de voo	Duração da carga de bateria	Segurança*	Fotogrametria**	Termografia**
Phantom 4 Pro V2.0	67	51	64	33	0	0
Mavic 3 Pro	80	54	92	33	0	0
DJI Mini 3 Pro	73	41	100	33	0	0
Phantom 4 RTK	67	41	64	33	100	0
DJI Air 3	80	54	98	33	0	0
DJI Avata	73	69	38	33	0	0
DJI Inspire 3	93	67	60	33	100	0
DJI FPV	93	100	43	33	0	0
ANAFI Ai	93	44	68	100	100	0
ANAFI USA	100	38	68	100	0	100
Skydio X10	80	51	85	100	100	100
Skydio 2+	73	44	57	33	100	0

* Avaliado de acordo com a segurança em si e a quantidade de determinados tipos de certificados relativos às resistências da RPA (1 – condições mínimas de operação segura; 2 – condições mínimas de operação segura + certificado de resistência à chuva; 3 – condições mínimas de operação segura + certificado de resistência à chuva + certificado de resistência à poeira).

** Avaliado na perspectiva da RPA possuir ou não a tecnologia de modo pretendido ao caso, de acordo com a pesquisa realizada vinculada ao presente trabalho (0 – não possui; 1 – possui) .

Com relação à RMBH, o quadro correspondente à matriz *SWOT* relacionando as características da região com sua aceitação para o uso das RPA de acordo com os objetivos da dissertação é o mostrado na Figura 41:

Figura 41: Quadro de matriz *SWOT* da RMBH

RMBH	Pontos fracos	Pontos fortes
Ameaças	Demografia	Clima
Oportunidades	Cultura	Geomorfologia

Fonte: Próprio Autor, 2025.

A interpretação analítica do quadro indica a demografia como sendo um ponto fraco da RMBH porque a sua variação normal não afetaria diretamente um projeto de RPAS. Representaria uma ameaça se ocorresse uma variação incomum demográfica de supercrescimento populacional ao mesmo tempo em que a segurança do projeto (no sentido de evitar acidentes) não estivesse valorizada o suficiente perante tal mudança. Já o fator clima foi entendido como um ponto forte devido sua influência direta no uso e voo de um *drone*, além de ser um condicionador deste voo pode definir ou não se este haverá. E embora o clima tenha um comportamento padrão, as mudanças climáticas da Terra decorrentes de um excessivo efeito estufa ameaçam-o tornando-o cada vez mais imprevisível, o que pode representar uma ameaça de projeto. O fator cultura foi considerado um ponto fraco devido sua influência indireta em um RPAS, os profissionais envolvidos em trabalhos com RPA não devem deixar que a cultura local populacional os influencie negativamente, mas por outro lado devem respeitá-la. A oportunidade envolvida neste caso está em promover um bom relacionamento entre os profissionais e a população no sentido de aumentar a segurança durante o serviço. Finalmente, a geomorfologia regional é claramente um ponto forte. A localização, relevo, altitude têm um vínculo direto com o uso das RPA na RMBH contribuindo muito para a definição de quais delas seriam as mais indicadas para o trabalho. E a oportunidade está no fato da geomorfologia tender a ser constante na região, tanto temporalmente quanto localmente, facilitando o aprimoramento projetual.

Os dados percentuais descritos na tabela 2 receberam uma ponderação de acordo com a importância do parâmetro respectivo no que diz respeito ao trabalho de RPA realizado por um RPAS, considerando que este pertença a uma prefeitura na localidade da RMBH.

O parâmetro “segurança” recebeu o maior fator de ponderação, “6”. Isso ocorreu devido aos seguintes motivos. O item 3.1 da Revisão Bibliográfica, “A RPA e sua história” traz a ideia de que é importante a sustentabilidade no contexto da engenharia civil. E, considerando que a segurança da aeronave, além de ser material (a RPA em si e o objeto que eventualmente chocar-se com ela), também reflete na segurança social (evitar acidentes envolvendo pessoas ou animais), há uma dupla contribuição direta com a sustentabilidade, uma pelo “ pilar” econômico e outra pelo

social. Outro item que corrobora para a importância da ponderação em questão é a existência de até mesmo uma matriz de risco relacionada ao fator segurança, apresentada no item 3.3.2.1, “ANAC”. Além disso, os certificados de segurança apresentados no item 3.6, “RPA disponíveis no mercado passíveis de uso para o caso do presente trabalho”, contra chuva e poeira tiveram muita relevância na avaliação em foco. Um *drone* com tais certificados pode trabalhar em situações excepcionais enquanto outros não podem. Ou mesmo, seguramente interromper determinado trabalho e retornar ao solo diante de situações com mudanças súbitas do clima. O fator clima está representado no quadro de matriz *SWOT* da RMBH (figura 40) como um ponto forte e ameaça para a região, contribuindo muito para a importância do parâmetro em questão.

Considerando que um *drone* a serviço de uma das prefeituras da RMBH deve idealmente possuir suporte a todas as tecnologias que possam ser exigidas num trabalho de engenharia, os parâmetros respectivos a estas foram ponderados fortemente. A “fotogrametria”, útil para serviços de modelagem projetual em 3D e topografia, recebeu fator de ponderação “5”. Uma informação que contribuiu para isso foi o gráfico “pizza” apresentado no item 3.1, “A RPA e sua história”, indicando uma investigação literária de 2018, na qual a fotogrametria, de todos os assuntos pesquisados vinculados a *drones*, teve um alto percentual presencial, correspondente a 4% do total. Outra informação que corrobora com o peso em questão atribuído à tecnologia em foco é a extraída do subitem 3.2.2, “Fotogrametria”. Foi mencionado que quando a técnica fotogramétrica é utilizada pelos *drones* traz um potencial de trabalho completo de escaneamento em edificações, diferentemente do que ocorre em muitos dos serviços sem a aeronave, nos quais áreas de difícil acesso ficam sem o mapeamento. Por fim, o parâmetro ponderado está diretamente ligado à geomorfologia no quadro de matriz *SWOT* da RMBH. O fator geomorfologia representa um ponto forte e de oportunidade de crescimento de projeto segundo a matriz, o que corrobora com a importância do parâmetro.

Já o parâmetro “termografia” foi ponderado com o fator “4”. Esta técnica, no contexto do presente trabalho, não é tão importante quanto a fotogrametria devido comumente ter menos demanda de utilização por parte de prefeituras. Porém, carrega consigo um

alto potencial de evolução em sua utilização. No subitem 3.2.3, “Termografia”, há a informação de que o indicador mais comum de depredação em qualquer fenômeno físico é a mudança de temperatura. Pode ser dito que essa mudança de temperatura é a base da técnica em questão. Além disso, no mesmo subitem consta que existem dois tipos de termografia, a passiva (sem mudança artificial de temperatura no objeto avaliado) e a ativa (com mudança artificial de temperatura no objeto avaliado no sentido de uma coleta maior de informações sobre ele). Tudo isto corrobora para a importância da tecnologia, embora atualmente, em prefeituras, somente o uso passivo seja comum. Tal uso envolve atividades como auditorias relacionadas à fiscalização do estado final de construção de um edifício, do comportamento de usinas energéticas (monitoramento) ou ainda investigações relativas a incêndio.

A “duração da carga de bateria” foi o parâmetro ponderado com o fator “3”. Isto, devido aos seguintes motivos. Segundo o item 3.2.1, “Tipos de RPA usados pela engenharia civil”, os modelos com multirrotores exigem um consumo maior de carga da bateria se comparado ao modelo de asa fixa. Como o primeiro é o adotado para a maioria dos serviços praticados por prefeituras, a duração da carga de bateria, num contexto amplo, cresce em importância na análise do presente trabalho. Também, de acordo com o subitem 3.3.1.4, “Orientações para o uso de RPA”, há uma recomendação para que sejam utilizados no máximo 2/3 do tempo máximo de voo do *drone* durante os serviços em que seja empregado, por uma questão de segurança. Tal situação torna, de certo modo, a duração da carga de bateria ainda mais preciosa. Por fim, o parâmetro em questão está diretamente relacionado com a eficiência do serviço realizado no sentido de minimizar o tempo que este exige, permitindo que a RPA fique mais tempo no ar. Esta eficiência está vinculada de forma positiva ao “ pilar” econômico da sustentabilidade.

Outra característica da aeronave a ser considerada um parâmetro para a análise do presente trabalho é a “resistência máxima ao vento”, ponderada pelo fator “2”. Essa resistência refere-se à capacidade da RPA suportar a velocidade do vento sem que ela perca o mínimo de estabilidade aérea exigida para o trabalho em que o *drone* é empregado.

Os dados e informações que serviram de base para isso foram os seguintes. O subitem 3.3.1.4, “Orientações para o uso da RPA” apresenta dois efeitos comuns de mudanças bruscas de velocidade do vento em cenários urbanos onde haja edificações altas ou muito próximas uma das outras. Como esses lugares condizem com o ambiente de trabalho em prefeituras da RMBH, uma boa resistência ao vento da aeronave facilita a execução do serviço. Finalmente, o item 3.4, “Características gerais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)”, apresenta a informação de que a velocidade máxima do vento possui variação de 30 m/s a 35 m/s dentro de uma certa área de Minas Gerais que inclui toda a RMBH. Embora essa variação refira a velocidades máximas e não médias; tal faixa de valor está acima da respectiva ao parâmetro “resistência máxima ao vento”. Isto, dá a este uma importância ainda maior quanto à facilidade de operar o *drone*.

Finalmente, dos parâmetros em estudo, o considerado menos importante é a “velocidade máxima de voo”, recebendo o menor fator de ponderação, “1”. Isto ocorreu devido ao fato da expressiva maioria dos trabalhos envolvendo RPA em prefeituras utilizarem e até exigirem velocidades baixas para o seu respectivo êxito. Assim, a velocidade máxima de voo do *drone* teria o foco de sua importância vinculado apenas à minimização do tempo de deslocamento gasto pela aeronave até a área de serviço e o de retorno à base.

E as características geomorfológicas, de localidade e populacionais da RMBH permitem classificá-la como uma região homogênea quanto a aceitação dos resultados da análise metodológica do presente trabalho. As seguintes informações dão base para isto. O item 3.4 da RB, “Características gerais da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)” traz um mapa detalhado da localização da região em questão. Por ele, fica claro que a área dela é bem interior ao território nacional, quase no centro do Estado de Minas Gerais (MG). Isso, elimina a possibilidade de algumas de suas cidades serem afetadas por efeitos litorâneos, como a maresia. Outro mapa apresentado pelo mesmo item é o topográfico de Minas Gerais no qual é percebido que a região metropolitana inteira possui altitude aproximada de 800 m acima do nível do mar. A flutuação desse valor não é grande e/ou intensa o bastante para influenciar significativamente no uso da RPA, como demonstrado pelas cores do mapa. Já pelo

mapa de isopetas de velocidades básicas máximas do vento no Brasil, a RMBH está toda compreendida numa mesma faixa de isopetas, denominada Região II. Além disso, a análise dos mapas correspondentes às figuras 24 e 25; “Divisão municipal entre núcleo e colar metropolitano (RMBH)” e “Divisão municipal sobre a concentração populacional do núcleo e colar metropolitano (RMBH)” respectivamente; permite concluir que 27 dos 34 municípios da região metropolitana (aproximadamente 80%) são considerados de alta concentração populacional. Considerando que a concentração populacional está diretamente ligada ao ambiente local, tal fato contribui para a homogeneidade regional.

5 RESULTADOS

A partir dos estudos bibliográficos e levantamentos realizados nesta pesquisa foi possível obter as seguintes conclusões:

Após os cálculos de multiplicação de cada um dos dados percentuais paramétricos por seus respectivos fatores de ponderação, para todos os 12 modelos de RPA, foi obtida uma tabela com os *drones* ranqueados. Nela, há o 1º colocado, de maior pontuação, representativo do modelo que traz o melhor conjunto de características que visem o seu emprego como RPA de prefeitura da RMBH.

Em seguida, por ordem decrescente, a tabela apresenta os outros modelos com suas respectivas pontuações.

Tabela 3 – Os 12 modelos de RPA avaliados e ranqueados, com suas respectivas pontuações

Posição	Modelo de RPA	Pontuação
1º	Skydio X10	1967
2º	ANAFI Ai	1534
3º	ANAFI USA	1443
4º	DJI Inspire 3	1132
5º	Phantom 4 RTK	1066
6º	Skydio 2+	1063
7º	DJI Air 3	708
8º	Mavic 3 Pro	688
9º	DJI Mini 3 Pro	687
10º	DJI FPV	614
11º	Phantom 4 Pro V2.0	576
12º	DJI Avata	531

O modelo de RPA *Skydio X10* teve destaque conseguindo a 1ª posição da tabela, por meio de uma pontuação alta que possibilitou, inclusive, relativa grande margem de pontos para os demais *drones*. O fato dele possuir suporte às tecnologias de fotogrametria e termografia; especialmente contribuiu para isso.

A questão da segurança também foi muito contributiva já que a aeronave possui certificados de resistência à poeira e chuva. As aeronaves *ANAFI Ai* e *ANAFI USA*, classificadas nas posições de 2º e 3º lugares respectivamente, também obtiveram um

diferencial com relação à segurança possuindo certificação de proteção à poeira e chuva. São aeronaves de características parecidas, como suas pontuações próximas sugerem, porém a *ANAFI USA* tem suporte à termografia enquanto a *ANAFI Ai* à fotogrametria.

Os modelos *DJI Inspire 3*, *Phantom 4 RTK* e *Skydio 2+*; correspondentes às posições 4º, 5º e 6º colocados, respectivamente; também possuem suporte à tecnologia fotogramétrica, o que elevou muito suas pontuações. Já os *drones DJI Air 3*, 7º colocado; *Mavic 3 Pro*, 8º; e *DJI Mini 3 Pro*, 9º; possuíram como ponto mais forte a longa duração da carga de bateria. O modelo *DJI FPV*, na 10ª colocação, apresentou bons números quanto à resistência máxima ao vento e à velocidade máxima de voo.

Por fim; o *Phantom 4 Pro V2.0* na 11ª colocação e o *DJI Avata* na 12ª; apresentaram destaque quanto à velocidade máxima de voo.

6 CONCLUSÕES

Os procedimentos realizados no presente trabalho deixaram claro que uma RPA que atenda com êxito a projetos flexíveis iniciais voltados para o seu emprego em prefeituras da RMBH apresenta um conjunto de características bem diferenciado do correspondente a outros modelos de RPA. E isso ocorre mesmo quando a comparação é realizada entre aeronaves do mesmo tipo (multirrotor) e considerando as melhores. O suporte à resolução de serviços que demandam utilização da termografia e/ou fotogrametria que um RPAS pertencente a uma prefeitura da RMBH precisa ter foi um dos principais responsáveis para isto.

Ainda sobre a RMBH, ficou evidente também que ela pode ser considerada homogênea para os fins visados pelo presente trabalho, de modo a ser compatível com a análise metodológica empregada. Isso ocorreu especialmente em função de suas características de localidade, geomorfológicas e populacionais.

A respeito da tabela de pontuação com os 12 modelos de RPA avaliados e ranqueados, resultada do procedimento metodológico, pode ser considerada bem útil para as prefeituras da região em questão. Um projeto de RPAS excelente que contemple pelo menos duas aeronaves (necessidade de uma reserva, para o caso da outra não poder ser usada durante determinado período; em função de manutenção, por exemplo) tende a apresentar um custo barato, frente a outros gastos que as referidas prefeituras costumam ter. Tendo isso em mente, é partido do princípio que poderão visar um *drone* com um conjunto de características correspondentes às do 1º colocado da tabela (normalmente, os órgãos públicos não realizam compras de produto por meio da escolha de marca, mas sim por procedimento licitatório que delimita um mínimo de características exigidas). Mas, se por algum motivo político, burocrático ou outro qualquer, a instituição não puder ou quiser se nortear pelo 1º colocado, terá ainda as opções de informações das aeronaves ranqueadas restantes como auxílio na implantação de um RPAS. Além disso, o sistema de aeronaves remotamente pilotadas citado também poderá ser abastecido por meio das demais informações explicitadas na pesquisa do presente trabalho, contemplando aquelas sobre os tipos de RPA existentes, tecnologias empregadas por estas nas prefeituras,

associação com a engenharia exigida no projeto, modos de operação, aspectos legais, dentre outros.

Finalmente, como sugestões para trabalhos futuros sobre o tema, fica indicado um estudo sobre como as RPA do tipo “asa fixa” podem ser úteis às prefeituras ou ainda se cabe o emprego quanto ao tipo híbrida nesses órgãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLLO BR. **Área Urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte, segundo processamento da EMBRAPA de 2015, com as ligações viárias segundo dados do DER/MG de 2019.** 2021. Retirado de:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:%C3%81rea_Urbana_da_RMBH.svg>. Data de acesso: 27 jul. 2023.

APOLLO BR. **Classificação dos municípios que constituem a RMBH segundo número de habitantes.** 2020. Retirado de:

<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RMBH_segundo_classifica%C3%A7%C3%A3o_de_munic%C3%ADpios_por_popula%C3%A7%C3%A3o_\(Censo\).svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RMBH_segundo_classifica%C3%A7%C3%A3o_de_munic%C3%ADpios_por_popula%C3%A7%C3%A3o_(Censo).svg)>. Data de acesso: 26 jul. 2023.

APOLLO BR. **Destaque da região de maior concentração ou convergência populacional, dentro da RMBH, segundo contagem de habitantes dos municípios..** 2020. Retirado de: <

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RMBH_segundo_concentra%C3%A7%C3%A3o_populacional_\(Censo\).svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RMBH_segundo_concentra%C3%A7%C3%A3o_populacional_(Censo).svg)>. Data de acesso: 28 jul. 2023.

APOLLO BR. **Destaque do Núcleo Metropolitano de Belo Horizonte, cercado pelo Colar Metropolitano, que juntos constituem a RMBH (LEC n.º88/2006 e LEC n.º 89/2006).** 2020. Retirado de:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:RMBH_segundo_classifica%C3%A7%C3%A3o_legal.svg>. Data de acesso: 28 jul. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5: Edificações Habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. ANAC. **Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas.** Brasília, DF: 2017.

BRASIL. ANAC. **Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil.** Brasília, DF: 2021.

BRASIL. DECEA. **MCA 56-3: Aeronaves não Tripuladas para Uso em Proveito dos Órgãos Ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal.** Brasília, DF: 2020.

BRASIL. IBAPE-MG. **Prática Recomendada de Inspeção Predial, Vistoria Cautelar e Perícias de Engenharia com uso de VANT's.** Belo Horizonte, MG: 2019.

BARNSTORFF, Kathy. **Ten-Engine Electric Plane Completes Successful Flight Test.** 2017. Retirado de: < <https://www.nasa.gov/langley/ten-engine-electric-plane-completes-successful-flight-test>>. Data de acesso: 17 fev. 2023.

CORSI, Carlo. History highlights and future trends of infrared sensors. **Taylor & Francis Online.** Reino Unido, v. 57, p. 1663-1686, abr. 2010.

DJI. **Especificações DJI Air 3**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/air-3/specs>>. Data de acesso: 28 ago. 2023.

DJI. **Especificações DJI Avata**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/avata/specs>>. Data de acesso: 30 ago. 2023.

DJI. **Especificações DJI FPV**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/dji-fpv/specs>>. Data de acesso: 20 set. 2023.

DJI. **Especificações DJI Inspire 3**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/inspire-3/specs>>. Data de acesso: 19 set. 2023.

DJI. **Especificações DJI Mini 3 Pro**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/mini-3-pro/specs>>. Data de acesso: 16 ago. 2023.

DJI. **Especificações Mavic 3 Pro**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/mavic-3-pro/specs>>. Data de acesso: 16 ago. 2023.

DJI. **Especificações Phantom 4 Pro V2.0**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/phantom-4-pro-v2/specs>>. Data de acesso: 07 ago. 2023.

DJI. **Especificações Phantom 4 RTK**. 2023. Retirado de: <<https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk/specs>>. Data de acesso: 22 ago. 2023.

DJI. **Foto da RPA DJI Air 3**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/air-3?site=brandsite&from=nav>>. Data de acesso: 28 ago. 2023.

DJI. **Foto da RPA DJI Avata**. 2023. Retirado de: <<https://www.dji.com/br/avata?site=brandsite&from=nav>>. Data de acesso: 19 set. 2023.

DJI. **Foto da RPA DJI FPV**. 2023. Retirado de: <https://www.dji.com/br/dji-fpv?site=brandsite&from=landing_page>. Data de acesso: 20 set. 2023.

DJI. **Foto da RPA DJI Inspire 3**. 2023. Retirado de: <https://www.dji.com/br/inspire-3?site=brandsite&from=landing_page>. Data de acesso: 19 set. 2023.

DJI. **Foto da RPA DJI Mini 3 Pro**. 2023. Retirado de: <https://www.dji.com/br/mini-3-pro?site=brandsite&from=eol_mavic-mini>. Data de acesso: 08 ago. 2023.

DJI. **Foto da RPA Mavic 3 Pro**. 2023. Retirado de: <https://www.dji.com/br/mavic-3-pro?site=brandsite&from=eol_mavic>. Data de acesso: 16 ago. 2023.

DJI. **Foto da RPA Phantom 4 Pro V2.0**. 2023. Retirado de: <https://www.dji.com/br/phantom-4-pro-v2?site=brandsite&from=eol_phantom-4-pro>. Data de acesso: 08 ago. 2023.

DJI. **Foto da RPA Phantom 4 RTK**. 2023. Retirado de: <<https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk>>. Data de acesso: 22 ago. 2023.

GIRO720. **Mapa da região metropolitana de Belo Horizonte**. 2008. Retirado de: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MinasGerais_Metro_BeloHorizonte.svg>. Data de acesso: 20 jul. 2023.

INFORMA MARKETS (UK) LIMITED. **Você sabe o que é um drone híbrido e como ele pode te ajudar?** 2021. Retirado de: <<https://digital.agrishow.com.br/tecnologia/voce-sabe-o-que-e-um-drone-hibrido-e-como-ele-pode-te-ajudar>>. Data de acesso: 17 fev. 2023.

MA, Lei; LI, Manchun; TONG, Lihua; WANG, Yafei; CHENG, Liang. Using unmanned aerial vehicle for remote sensing application. **ResearchGate**, China, p. 1-5, jun. 2013.

MOREIRA, Flávio. **Vistoria Cautelar com a Utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT)**. 50 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

NETO, Manuel Silva. **Multi-rotor ou asa fixa? Saiba o que considerar na escolha**. 2023. Retirado de: <<https://blog.droneng.com.br/multirotor-ou-asa-fixa/>>. Data de acesso: 15 fev. 2023.

ORDONEZ, Celestino; MARTÍNEZ, Joaquín; ARIAS, Pedro; ARMESTO, Julia. Measuring building façades with a low-cost close-range photogrammetry system. **ScienceDirect**, Espanha, v. 19, p. 742-749, abr. 2010.

PARROT. **ANAFI Ai product sheet**. 2023. Disponível em: <<https://www.parrot.com/assets/s3fs-public/2023-02/ANAFI-Ai-product-sheet.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2023.

PARROT. **ANAFI USA product sheet**. 2023. Disponível em: <<https://www.parrot.com/assets/s3fs-public/2023-02/ANAFI-USA-product-sheet.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

PEIXOTO, Floriano. **Drone de asa fixa eficiente e de baixo custo é possível**. 2022. Retirado de: <<https://droneshowla.com/drone-de-asa-fixa-eficiente-e-de-baixo-custo-e-possivel/>>. Data de acesso: 16 fev. 2023.

RAKHA, Tarek; GORODETSKY, Alice. Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. **ScienceDirect**, Estados Unidos da América, v. 93, p. 252-264, maio 2018.

ROCA, David; LAGUELA, Susana; DÍAS VILARINO, Lucia; ARMESTO, Julia; ARIAS, Pedro. Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades. **ScienceDirect**, Espanha, v. 36, p. 128-135, set. 2013.

SKYDIO. **Skydio X10 Presentation**. 2023. Disponível em: <<https://www.skydio.com/x10>>. Acesso em: 06 dez. 2023.

SKYDIO. **Skydio X10 Technical Specs**. 2023. Disponível em: <<https://www.skydio.com/x10/technical-specs>>. Acesso em: 06 dez. 2023.

SKYDIO. **Skydio 2+**. 2023. Disponível em: <<https://www.skydio.com/skydio-2-plus-enterprise>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

TOPOGRAPHIC-MAP.COM. **Mapa topográfico Minas Gerais altitude e relevo**. 2023. Retirado de: <<https://pt-br.topographic-map.com/map-vsbt6/Minas-Gerais/?center=-19.35261%2C-47.63672>>. Data de acesso: 24 jul. 2023.

ANEXO A – Características técnicas totais das RPA empregadas na metodologia

Phantom 4 Pro V2.0

As especificações sobre a aeronave incluem:

Peso (incluindo bateria e hélices)
1375 g
Dimensão diagonal (sem hélices)
350 mm
Velocidade máx. de ascensão
Modo S: 6 m/s
Modo P: 5 m/s
Velocidade máx. de descensão
Modo S: 4 m/s
Modo P: 3 m/s
Velocidade máx.
Modo S: 72 km/h
Modo A: 58 km/h
Modo P: 50 km/h
Ângulo de inclinação máx.
Modo S: 42°
Modo A: 35°
Modo P: 25°
Velocidade máx. angular
Modo S: 250°/s
Modo A: 150°/s
Altura máx. de serviço acima do nível do mar
6000 m
Resistência máx. ao vento
10 m/s
Duração máx. de voo
Aprox. 30 minutos
Alcance da temperatura de funcionamento
0 a 40 °C
Sistemas de posicionamento por satélite
GPS/GLONASS
Alcance de precisão em voo estacionário
Vertical:
± 0,1 m (com posicionamento visual)
± 0,5 m (com posicionamento por GPS)
Horizontal:
± 0,3 m (com posicionamento visual)
± 1,5 m (com posicionamento por GPS)
(DJI, 2023g, p. 1)

Relativamente ao estabilizador:

Estabilização
3 eixos (inclinação, rotação, giro)
Alcance controlável

Inclinação: -90° a 30°
 Velocidade angular máx. de controle
 Inclinação: $90^{\circ}/s$
 Alcance da vibração angular
 $\pm 0,02^{\circ}$
 (DJI, 2023g, p. 1)

Sobre o sistema visual:

Sistema visual frontal
 Sistema visual traseiro
 Sistema visual inferior
 Alcance de velocidade
 ≤ 50 km/h a 2 metros acima do solo
 Alcance de altitude
 0 - 10 m
 Alcance de operação
 0 - 10 m
 Alcance de detecção de obstáculos
 0,7 - 30 m
 FOV
 Frontal: 60° (horizontal), $\pm 27^{\circ}$ (vertical)
 Traseiro: 60° (horizontal), $\pm 27^{\circ}$ (vertical)
 Inferior: 70° (frontal e traseiro), 50° (direita e esquerda)
 Frequência de medição
 Frontal: 10 Hz
 Traseiro: 10 Hz
 Inferior: 20 Hz
 Ambiente de operação
 Superfície com padrão claro e iluminação adequada (lux >15)
 (DJI, 2023g, p. 1)

Há ainda um sistema de detecção por infravermelho:

Alcance de detecção de obstáculos
 0,2 - 7 m
 FOV
 70° (horizontal), $\pm 10^{\circ}$ (vertical)
 Frequência de medição
 10 Hz
 Ambiente de operação
 Superfície com um material de reflexão difusa e refletividade $>8\%$ (tais como paredes, árvores, humanos, etc.)
 (DJI, 2023g, p. 1)

Dados específicos da câmera:

Sensor
 CMOS 1"
 Pixels efetivos: 20 M

Lente

FOV (campo de visão) 84° 8,8 mm/24 mm (formato equivalente a 35 mm) f/2.8-f/11. Foco automático a 1 m - ∞

Alcance ISO

Vídeo:

100 - 3200 (automático)

100 - 6400 (manual)

Foto:

100 - 3200 (automático)

100 - 12800 (manual)

Velocidade do obturador mecânico

8-1/2000 s

Velocidade do obturador eletrônico

8-1/8000 s

Dimensões da imagem

Taxa de aspecto 3:2: 5472x3648

Taxa de aspecto 4:3: 4864x3648

Taxa de aspecto 16:9: 5472x3078

Tamanho da imagem PIV

4096x2160 (4096x2160 24/25/30/48/50p)

3840x2160 (3840x2160 24/25/30/48/50/60p)

2720x1530 (2720x1530 24/25/30/48/50/60p)

1920x1080 (1920x1080 24/25/30/48/50/60/120p)

1280x720 (1280x720 24/25/30/48/50/60/120p)

Modos de fotografia

Disparo único

Disparo contínuo: 3/5/7/10/14 quadros

Bracketing de Exposição Automática (AEB): 3/5 quadros em bracketing a 0,7 EV bias

Intervalo: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s

Modos de gravação de vídeo

H.265

C4K: 4096x2160 24/25/30p a 100 Mbps

4K: 3840x2160 24/25/30p a 100 Mbps

2.7K: 2720x1530 24/25/30p a 65 Mbps

2.7K: 2720x1530 48/50/60p a 80 Mbps

FHD: 1920x1080 24/25/30p a 50 Mbps

FHD: 1920x1080 48/50/60p a 65 Mbps

FHD: 1920x1080 120p a 100 Mbps

HD: 1280x720 24/25/30p a 25 Mbps

HD: 1280x720 48/50/60p a 35 Mbps

HD: 1280x720 120p a 60 Mbps

H.264

C4K: 4096x2160 24/25/30/48/50/60p a 100 Mbps

4K: 3840x2160 24/25/30/48/50/60p a 100 Mbps

2.7K: 2720x1530 24/25/30p a 80 Mbps

2.7K: 2720x1530 48/50/60p a 100 Mbps

FHD: 1920x1080 24/25/30p a 60 Mbps

FHD: 1920x1080 48/50/60 a 80 Mbps

FHD: 1920x1080 120p a 100 Mbps

HD: 1280x720 24/25/30p a 30Mbps

HD: 1280x720 48/50/60p a 45 Mbps

HD: 1280x720 120p a 80 Mbps

Taxa de bites máx. do vídeo

100 Mbps
 Sistemas de arquivo suportados
 FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)
 Foto
 JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
 Vídeo
 MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
 Cartões SD suportados
 Capacidade máxima do Micro SD: 128 GB
 Requer velocidade de gravação ≥ 15 MB/s, classe 10 ou UHS-1
 Alcance da temperatura de funcionamento
 0 a 40 °C
 (DJI, 2023g, p. 1)

Dados específicos do controle remoto:

Frequência de funcionamento
 2,400 a 2,483 GHz e 5,725 a 5,850 GHz
 Distância máx. de transmissão
 2,400 - 2,483 GHz, 5,725 - 5,850 GHz (sem obstruções, livre de interferências)
 FCC: 10000 m
 CE: 5000 m
 SRRC: 5000 m
 MIC: 5000 m
 Alcance da temperatura de funcionamento
 0 a 40 °C
 Bateria
 6000 mAh LiPo 2S
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,400 - 2,483 GHz
 FCC: 26 dBm
 CE: 20 dBm
 SRRC: 20 dBm
 MIC: 17 dBm
 5,725 - 5,850 GHz
 FCC: 26 dBm
 CE: 14 dBm
 SRRC: 20 dBm
 MIC: -
 Voltagem de funcionamento
 1,2 A a 7,4 V
 Entrada de saída de vídeo
 GL300K: HDMI
 GL300L: USB
 Suporte do dispositivo móvel
 GL300K: Dispositivo de exibição integrado (tela de 5,5 polegadas, 1920x1080, 1000 cd/m², sistema Android, 4 GB RAM+16 GB ROM)
 GL300L: Tablets e smartphones
 (DJI, 2023g, p. 1)

Sobre o carregador:

Voltagem
17,4 V
Potência nominal
100 W
(DJI, 2023g, p. 1)

O modelo possui uma bateria de voo inteligente:

Capacidade
5870 mAh
Voltagem
15,2 V
Tipo de bateria
LiPo 4S
Energia
89,2 Wh
Peso líquido
468 g
Alcance da temperatura de carregamento
5° a 40 °C
Potência máx. de carregamento
160 W
(DJI, 2023g, p. 1)

Por fim, informações sobre o aplicativo utilizado na aeronave e transmissões ao vivo:

Aplicativo móvel
DJI GO 4
Frequência de funcionamento da transmissão ao vivo
2,4 GHz ISM; 5,8 GHz ISM
Qualidade da transmissão ao vivo
720p a 30fps; 1080p a 30fps
Latência
Phantom 4 Pro V2.0: 220 ms (dependendo das condições e do dispositivo móvel)
Phantom 4 Pro+: 160 - 180 ms
(DJI, 2023g, p. 1)

Mavic 3 Pro

Sobre a aeronave em si tem-se:

Peso de decolagem
Mavic 3 Pro: 958 g
Mavic 3 Pro Cine: 963 g
Dimensões
Dobrada (sem hélices): 231,1×98×95,4 mm (CxLxA)
Desdobrada (sem hélices): 347,5×290,8×107,7 mm (CxLxA)

Velocidade máx. de ascensão

8 m/s

Velocidade máx. de descensão

6 m/s

Velocidade máx. horizontal (ao nível do mar, sem vento)

21 m/s

Altitude máx. de decolagem

6000 m

Duração máx. de voo

43 min.

Medida em um ambiente controlado para testes. As condições específicas de teste são as seguintes: voar a uma velocidade constante de 32,4 km/h em um ambiente sem vento, ao nível do mar, com ambos o APAS e o AirSense desabilitados e os parâmetros da câmera definidos como 1080p/24 fps, o modo de vídeo desligado e drenando a bateria de 100% a 0%. Os resultados reais podem variar dependendo do ambiente, modo de uso e versão do *firmware*.

Duração máx. de voo estacionário

37 min.

Medida em um ambiente controlado para testes. As condições específicas de teste são as seguintes: voar em um ambiente sem vento, ao nível do mar, com ambos o APAS e o AirSense desabilitados e os parâmetros da câmera definidos como 1080p/24 fps, o modo de vídeo desligado e drenando a bateria de 100% a 0%. Os resultados reais podem variar dependendo do ambiente, modo de uso e versão do *firmware*.

Distância máx. de voo

28 km

Resistência máx. ao vento

12 m/s

Ângulo máx. de arfagem

35°

Temperatura de funcionamento

-10° a 40 °C

Sistema global de navegação por satélite (GNSS)

GPS + Galileo + BeiDou

Alcance de precisão em voo estacionário

Vertical:

±0,1 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com posicionamento por GNSS)

Horizontal:

±0,3 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com sistema de posicionamento de alta precisão)

Armazenamento interno

Mavic 3 Pro: 8 GB (espaço disponível de aprox. 7,9 GB)

Mavic 3 Pro Cine: 1 TB (espaço disponível de aprox. 934,8 GB)

(DJI, 2023f, p. 1)

Sobre o sistema de câmeras:

Sensor de imagens

Câmera Hasselblad: CMOS de 4/3; Píxeis efetivos: 20 MP

Câmera Tele média: CMOS de 1/1,3"; Píxeis efetivos: 48 MP

Câmera Tele: CMOS de 1/2"; Píxeis efetivos: 12 MP

Lente

Câmera Hasselblad

Campo de visão: 84°

Formato equivalente: 24 mm

Abertura: f/2,8-f/11

Foco: 1 m a ∞

Câmera Tele média

Campo de visão: 35°

Formato equivalente: 70 mm

Abertura: f/2.8

Foco: 3 m a ∞

Câmera Tele

Campo de visão: 15°

Formato equivalente: 166 mm

Abertura: f/3.4

Foco: 3 m a ∞

Alcance ISO

Vídeo

Normal e Câmera lenta:

100-6400 (Normal)

400-1600 (D-Log)

100-1600 (D-Log M)

100-1600 (HLG)

Noturno:

800-12800 (Normal)

Foto:

100 a 6400

Velocidade do obturador

Câmera Hasselblad: 8-1/8000 s

Câmera Tele média: 2-1/8000 s

Câmera Tele: 2-1/8000 s

Dimensões máx. da imagem

Câmera Hasselblad: 5280×3956

Câmera Tele média: 8064×6048

Câmera Tele: 4000×3000

Modos de fotografia

Câmera Hasselblad

Disparo único: 20 MP

Disparo contínuo: 20 MP, 3/5/7 quadros

Variação da exposição automática (AEB): 20 MP, 3/5 quadros a 0,7 EV

Temporizado: 20 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 seg.

Câmera Tele média

Disparo único: 12 MP ou 48 MP

Disparo contínuo: 12 MP ou 48 MP, 3/5/7 quadros

Variação da exposição automática (AEB): 12 MP ou 48 MP, 3/5 quadros a 0,7 EV

Temporizado:

12 MP: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 seg.

48 MP: 7/10/15/20/30/60 seg.

Câmera Tele

Disparo único: 12 MP

Disparo contínuo: 12 MP, 3/5/7 quadros

Varição da exposição automática (AEB): 12 MP, 3/5 quadros a 0,7 EV

Temporizado: 12 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 seg.

Formatos de foto

JPEG/DNG (RAW)

Resoluções de vídeo

Câmera Hasselblad

Apple ProRes 422 HQ/422/422 LT

5,1K: 5120x2700 a 24/25/30/48/50 fps

DCI 4K: 4096x2160 a 24/25/30/48/50/60/120 *fps

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60/120 *fps

H.264/H.265

5,1K: 5120x2700 a 24/25/30/48/50 fps

DCI 4K: 4096x2160 a 24/25/30/48/50/60/120* fps

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60/120* fps

FHD: 1920x1080 a 24/25/30/48/50/60/120*/200* fps

* Taxas de quadros da gravação. O vídeo correspondente será reproduzido como um vídeo em Câmera lenta.

Câmera Tele média

Apple ProRes 422 HQ/422/422 LT

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60 fps

H.264/H.265

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60 fps

FHD: 1920x1080 a 24/25/30/48/50/60 fps

Câmera Tele

Apple ProRes 422 HQ/422/422 LT

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60 fps

H.264/H.265

4K: 3840x2160 a 24/25/30/50/60 fps

FHD: 1920x1080 a 24/25/30/50/60 fps

Apenas a versão Cine suporta gravações em ProRes.

Formato de vídeo

MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

MOV (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

Apenas a versão Cine suporta gravações em ProRes.

Taxa de bites máx. do vídeo

Câmera Hasselblad:

H.264/H.265: 200 Mbps

ProRes 422 HQ: 3772 Mbps

ProRes 422: 2514 Mbps

ProRes 422 LT: 1750 Mbps

Câmera Tele média:

H.264/H.265: 160 Mbps

ProRes 422 HQ: 1768 Mbps

ProRes 422: 1178 Mbps

ProRes 422 LT: 821 Mbps

Câmera Tele:

H.264/H.265: 160 Mbps

ProRes 422 HQ: 1768 Mbps

ProRes 422: 1178 Mbps

ProRes 422 LT: 821 Mbps

Apenas a versão Cine suporta gravações em ProRes.

Sistema de arquivo suportado

exFAT

Modo de cores e método de amostragem

Câmera Hasselblad

Normal:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

8 bits 4:2:0 (H.264/H.265)

D-Log:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

10 bits 4:2:0 (H.264/H.265)

HLG/D-Log M:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

10 bits 4:2:0 (H.265)

Câmera Tele média

Normal:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

8 bits 4:2:0 (H.264/H.265)

HLG/D-Log M:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

10 bits 4:2:0 (H.265)

Câmera Tele

Normal:

10 bits 4:2:2 (*Apple* ProRes 422 HQ/422/422 LT)

8 bits 4:2:0 (H.264/H.265)

Apenas a versão Cine suporta gravações em ProRes.

Zoom digital (apenas no Modo normal de vídeo e no Modo Exploração)

Câmera Hasselblad: 1 a 3x

Câmera Tele média: 3 a 7x

Câmera Tele: 7 a 28x

(DJI, 2023f, p. 1)

Sobre o estabilizador:

Estabilização

mecânica triaxial (inclinação, rotação, giro)

Alcance mecânico

Inclinação: -140° a 50°

Rotação: -50° a 50°

Giro: -23° a 23°

Alcance controlável

Inclinação: -90° a 35°

Giro: -5° a 5°

Velocidade máx. controlável (inclinação)

100 °/s

Alcance da vibração angular

Voo estacionário sem vento: $\pm 0,001^\circ$

Modo Normal: $\pm 0,003^\circ$

Modo Esportivo: $\pm 0,005^\circ$

(DJI, 2023f, p. 1)

Há um destaque para o sistema de detecção da RPA, possuindo inclusive um sensor infravermelho:

Tipo de detecção

Sistema visual binocular omnidirecional, complementado por um sensor infravermelho na parte inferior da aeronave

Dianteira

Intervalo de medição:

0,5 a 20 m

Alcance de detecção:

0,5 a 200 m

Velocidade de detecção efetiva:

Velocidade de voo ≤ 15 m/s

FOV:

90° (horizontal); 103° (vertical)

Traseira

Intervalo de medição:

0,5 a 16 m

Velocidade de detecção efetiva:

Velocidade de voo ≤ 12 m/s

FOV:

90° (horizontal); 103° (vertical)

Lateral

Intervalo de medição:

0,5 a 25 m

Velocidade de detecção efetiva:

Velocidade de voo ≤ 15 m/s

FOV:

90° (horizontal); 85° (vertical)

Superior

Intervalo de medição:

0,2 a 10 m

Velocidade de detecção efetiva:

Velocidade de voo ≤ 6 m/s

FOV:

100° (frontal e traseiro); 90° (esquerdo e direito)

Inferior

Intervalo de medição:

0,3 a 18 m

Velocidade de detecção efetiva:

Velocidade de voo ≤ 6 m/s

FOV:

130° (frontal e traseiro); 160° (esquerdo e direito)

Ambiente operacional

Frontal, traseiro, esquerdo, direito e superior:

superfícies com padrões discerníveis e iluminação adequada (lux >15)

Inferior:

superfícies com padrões discerníveis e com refletividade difusa >20% (como paredes, árvores, pessoas, etc) e iluminação adequada (lux >15)

(DJI, 2023f, p. 1)

Com relação à transmissão de vídeo:

Sistema de transmissão de vídeo

O3+

Qualidade da transmissão ao vivo

Controle remoto:

1080p/30 fps; 1080p/60 fps

Frequência de funcionamento

2,400 - 2,4835 GHz

5,725 - 5,850 GHz

Potência do transmissor (EIRP)

2,4 GHz:

<33 dBm (FCC)

<20 dBm (CE/SRRC/MIC)

5,8 GHz:

<33 dBm (FCC)

<30 dBm (SRRC)

<14 dBm (CE)

Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de interferências)

FCC: 15 km

CE: 8 km

SRRC: 8 km

MIC: 8 km

Medidas obtidas em um ambiente ao ar livre sem obstruções e livre de interferências. Os dados acima exibem o maior alcance de comunicação em uma única direção, sem voos de retorno em cada instância. Durante o voo, favor atentar-se às notificações de RTH no aplicativo *DJI Fly*.

Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de interferências)

Interferência forte: Paisagem urbana, aprox. 1,5 a 3 km

Interferência média: Paisagem suburbana, aprox. 3 a 9 km

Interferência baixa: Subúrbio/litoral, aprox. 9 a 15 km

Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes sem obstruções com interferências típicas. Valores meramente para referência, não oferecendo garantias sobre a distância real de transmissão.

Distância máx. de transmissão (com obstruções e interferências)

Baixa interferência e com obstrução por edifícios: aprox. 0 a 0,5 km

Baixa interferência e com obstrução por árvores: aprox. 0,5 a 3 km

Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes com interferências baixas típicas. Valores meramente para referência, não oferecendo garantias sobre a distância real de transmissão.

Velocidade máx. de download

O3+:

5,5 MB/s (com o Controle remoto DJI RC-N1)

15 MB/s (com o CR Pro DJI)

5,5 MB/s (com o CR DJI)

Wi-Fi 6: 80 MB/s*

* Testado em ambiente laboratorial com baixa interferência em países/regiões que suportam ambas as faixas de frequência de 2,4 GHz e 5,8 GHz, salvando as gravações no armazenamento interno. A velocidade de download pode variar de acordo com as condições reais.

Menor latência

130 ms (com o Controle remoto DJI RC-N1)

120 ms (com o CR Pro DJI)

130 ms (com o CR DJI)
Varia de acordo com o ambiente real e o dispositivo móvel.
Antena
4 antenas, 2T4R
(DJI, 2023f, p. 1)

Sobre a bateria:

Capacidade
5000 mAh
Peso
335,5 g
Tensão nominal
15,4 V
Voltagem máx. de carregamento
17,6 V
Tipo
Li-ion 4S
Energia
77 Wh
Temperatura de carregamento
5° a 40 °C
Tempo de carregamento
Aprox. 96 min.
Use o cabo de dados incluso do Carregador portátil 65 W DJI.
Aprox. 70 min.
Use o Adaptador de energia USB-C 100 W DJI e a Central de carregamento da bateria 100 W da Série DJI Mavic 3.
(DJI, 2023f, p. 1)

Sobre o carregador:

Entrada
Carregador portátil 65 W DJI:
100 a 240 V (AC); 50 a 60 Hz; 2 A
Adaptador de energia USB-C 100 W DJI:
100 a 240 V (AC); 50 a 60 Hz; 2,5 A
Saída
Carregador portátil 65 W DJI:
USB-C:
5 V/5 A
9 V/5 A
12 V/5 A
15 V/4,3 A
20 V/3,25 A
5 a 20 V/3,25 A
USB-A:
5 V/2 A
Adaptador de energia USB-C 100 W DJI:
Máx. de 100 W (total)

Quando ambas as portas estão sendo usadas, a potência máx. de saída de uma das portas é de 82 W, e o carregador irá alocar a potência de saída de ambas as portas dinamicamente, de acordo com a carga da potência.

Potência nominal

Carregador portátil 65 W DJI: 65 W

Adaptador de energia USB-C 100 W DJI: 100 W
(DJI, 2023f, p. 1)

Ainda com relação ao carregamento, a aeronave também aceita o tipo carregador com múltiplas entradas de bateria:

Entrada

USB-C: 5 a 20 V; máx. 5 A

Saída

Entrada da bateria: 12 a 17,6 V; máx. 5 A

Potência nominal

Carregador com múltiplas entradas da bateria: 65 W

Carregador com múltiplas entradas da bateria (100 W): 100 W

Tipo de carregamento

3 baterias carregadas em sequência.

Compatibilidade

Bateria de Voo Inteligente (DJI Mavic 3)
(DJI, 2023f, p. 1)

Também é aceito carregador do tipo para automóveis:

Entrada

Entrada de alimentação veicular:

12,7 a 16 V; 6,5 A, tensão nominal de 14 V (DC)

Saída

USB-C:

5 V/5 A

9 V/5 A

12 V/5 A

15 V/4,3 A

20 V/3,25 A

5 a 20 V/3,25 A

USB-A:

5 V/2 A

Potência nominal

65 W

Temperatura de carregamento

5° a 40 °C

(DJI, 2023f, p. 1)

Por fim, informações com relação ao armazenamento de dados:

Cartões microSD recomendados

Lexar 1066x 64 GB V30 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 128 GB V30 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 256 GB V30 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 512 GB V30 A2 microSDXC
 SanDisk High Endurance 64 GB V30 microSDXC
 SanDisk High Endurance 128 GB V30 microSDXC
 SanDisk High Endurance 256 GB V30 microSDXC
 Kingston Canvas Go! Plus 64 GB V30 A2 microSDXC
 Kingston Canvas Go! Plus 128 GB V30 A2 microSDXC
 Kingston Canvas Go! Plus 256 GB V30 A2 microSDXC
 Kingston Canvas Go! Plus 512 GB V30 A2 microSDXC
 (DJI, 2023f, p. 1)

DJI Mini 3 Pro

Informações técnicas com relação à aeronave:

Peso de decolagem
 < 249 g [1]
 Dimensões (C×L×A)
 Dobrada: 145×90×62 mm
 Desdobrada: 171×245×62 mm
 Desdobrada (com hélices): 251×362×70 mm
 Comprimento diagonal
 247 mm
 Velocidade máx. de ascensão
 5 m/s (modo S)
 3 m/s (modo N)
 2 m/s (modo C)
 Velocidade máx. de descensão
 5 m/s (modo S)
 3 m/s (modo N)
 1,5 m/s (modo C)
 Velocidade máx. de voo (ao nível do mar, sem vento) [2]
 16 m/s (modo S)
 10 m/s (modo N)
 6 m/s (modo C)
 Altura máx. de serviço acima do nível do mar
 Com a Bateria de Voo Inteligente: 4000 m
 Com a Bateria de Voo Inteligente Plus: 3000 m [3]
 Duração máx. de voo
 34 min. (com a Bateria de Voo Inteligente e medido ao voar a 21,6 km/h em condições sem vento)
 47 min. (com a Bateria de Voo Inteligente Plus e medido ao voar a 21,6 km/h em condições sem vento) Disponível apenas em alguns países.
 Duração máx. de voo estacionário
 30 min. (com a Bateria de Voo Inteligente em condições sem vento)
 40 min. (com a Bateria de Voo Inteligente Plus em condições sem vento)
 Distância máx. de voo
 18 km (com a Bateria de Voo Inteligente e medido ao voar a 43,2 km/h em condições sem vento)
 25 min. (com a Bateria de Voo Inteligente Plus e medido ao voar a 43,2 km/h em condições sem vento)

Resistência máx. ao vento
 10,7 m/s (nível 5)
 Ângulo máx. de arfagem
 Frontal: 40°, Traseiro: 35° (modo S)
 25° (modo N)
 25° (modo C)
 Velocidade máx. angular (padrão)*
 130°/s (modo S)
 * Pode ser definida no aplicativo entre 20°/s a 250°/s
 75°/s (modo N)
 * Pode ser definida no aplicativo entre 20°/s a 120°/s
 30°/s (modo C)
 * Pode ser definida no aplicativo entre 20°/s a 60°/s
 Temperatura de funcionamento
 -10° a 40 °C
 Sistema global de navegação por satélite (GNSS)
 GPS + Galileo + BeiDou
 Frequência de funcionamento
 2,400-2,4835 GHz;
 5,725-5,850 GHz [4]
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,4 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,8 GHz: < 26 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)
 Alcance de precisão em voo estacionário
 Vertical:
 ±0,1 m (com posicionamento visual)
 ±0,5 m (com posicionamento por GNSS)
 Horizontal:
 ±0,3 m (com posicionamento visual)
 ±0,5 m (com posicionamento por GPS)
 (DJI, 2023e, p. 1)

Relativo ao sistema de detecção:

Dianteira
 Alcance de medida de precisão: 0,39 - 25 m
 Velocidade de detecção efetiva: ≤ 10.5 m/s
 FOV (campo de visão): Horizontal: 106°; Vertical: 90°
 Traseira
 Alcance de medida de precisão: 0,36 - 23,4 m
 Velocidade de detecção efetiva: ≤ 8 m/s
 FOV (campo de visão): Horizontal: 58°; Vertical: 73°
 Inferior
 Alcance da medida de precisão: 0,15-9 m
 Alcance de voo estacionário: 0,5-12 m
 Alcance de voo estacionário do sensor visual: 0,5-30 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo < 3 m/s
 FOV (campo de visão): Frontal/traseiro: 104,8°; Esquerdo/direito:
 87,6°
 Luz auxiliar inferior
 Não suportado

Ambiente operacional

Superfícies refletivas difusas com padrão claro de iluminação e refletividade > 20% (como paredes, árvores, pessoas, etc).

Iluminação adequada (lux > 15, o equivalente a um ambiente com níveis normais de exposição como em ambiente fechado sob uma luz fluorescente).

(DJI, 2023e, p. 1)

Especificações do estabilizador:

Alcance mecânico

Inclinação: -135° a 80°

Rotação: -135° a 45°

Giro: -30° a 30°

Alcance controlável

Inclinação: -90° a 60°

Rotação: -90° a 0°

Estabilização

mecânica triaxial (inclinação, rotação, giro)

Velocidade máx. controlável (inclinação)

100 °/s

Alcance da vibração angular

±0,01°

Especificações da câmera:

Sensor

CMOS 1/1.3"

Píxeis efetivos: 48 MP

Lente

Campo de visão: 82,1°

Abertura: f/1.7

Formato equivalente a 35 mm: 24 mm

Alcance de foco: 1 m a ∞

Alcance ISO

Vídeo: 100 a 6.400 (Auto), 100 a 6.400 (Manual)

Foto: 100 a 6.400 (Auto), 100 a 6.400 (Manual)

Velocidade do obturador

Obturador eletrônico: 2-1/8.000 s

Dimensões máx. da imagem

8064 x 6048

Modo de fotografia

Disparo único: 12 MP

48 MP: 48 MP

Disparo contínuo: 12 MP, 3/5/7 quadros

Temporizado: 12 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 seg.

Varição da exposição automática (AEB): 12 MP, 3/5 quadros a 2/3 EV

Panorâmica: Esfera, 180°, Grande angular e Vertical

HDR: O modo de Disparo único suporta a saída de imagens em HDR.

Formato de foto

JPEG/DNG (RAW)

Resoluções de vídeo

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60 fps

2.7K: 2720x1530 a 24/25/30/48/50/60 fps

FHD: 1920×1080 a 24/25/30/48/50/60 fps
 Câmera lenta: 1920×1080 a 120 fps
 Modo em HDR
 Foto: HDR suportado no Modo de Disparo Único
 Vídeo: HDR suportado ao gravar em 24/25/30 fps
 Formato de vídeo
 MP4/MOV (H.264/H.265)
 Taxa de bites máx. do vídeo
 150 Mbps
 Alcance de zoom
 4K: 2x
 2.7K: 3x
 FHD: 4x
 Modos de *QuickShot*
Dronie, Hélice, Foguete, Órbita, *Boomerang*, Asteroide
 Perfil de cores
D-Cinelike/Normal
 Sistema de arquivo suportado
 FAT32 (≤ 32 GB)
 exFAT (> 32 GB)
 (DJI, 2023e, p. 1)

Características da transmissão de vídeo:

Sistema de transmissão de vídeo
 DJI O3
 Qualidade da transmissão ao vivo
 1080p/30 fps
 Frequência de funcionamento
 2,400-2,4835 GHz;
 5,725-5,850 GHz [4]
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,4 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,8 GHz: < 26 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)
 Banda larga de comunicação
 1,4 MHz/3 MHz/10 MHz/20 MHz/40 MHz
 Latência (dependente das condições ambientais e do dispositivo móvel)
 Aeronave + controle remoto: Aprox. 120 min
 Taxa de bites máx. do vídeo
 Aeronave + controle remoto: 18 Mbps
 Taxa de bits máx. de download [5]
 DJI O3:
 Controle remoto DJI RC-N1 e CR DJI: 5,5 MB/s
 Wi-Fi 5: Máx. de 25 MB/s
 Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de interferências)
 FCC: 12 km
 CE: 8 km
 SRRC: 8 km
 MIC: 8 km
 Medidos em um ambiente ao ar livre sem obstruções e livre de interferências. Os dados acima exibem o maior alcance de

comunicação em uma única direção, sem voos de retorno em cada instância. Durante o voo, favor atentar-se às notificações de RTH no aplicativo *DJI Fly*.

Distância máx. de transmissão (com interferência)

Forte interferência (áreas urbanas): aprox. 1,5 a 3 km

Interferência média (áreas suburbanas): aprox. 3 a 7 km

Interferência baixa (subúrbios/zonas costeiras): aprox. 7 a 12 km

Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes sem obstruções de interferências típicas. Valores meramente para referência, não oferecendo garantia sobre o tempo real de voo.

Antenas

4 antenas, 1T2R

Transmissão de áudio

Não suportado

(DJI, 2023e, p. 1)

Sobre o Wi-Fi:

Protocolo

802.11 a/b/g/n/ac

Potência do transmissor (EIRP)

2,400-2,4835 GHz: < 19 dBm (FCC/CE/SRRC/MIC)

5,725-5,850 GHz: < 20 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)

(DJI, 2023e, p. 1)

Um diferencial da RPA é o sistema Bluetooth:

Protocolo

Bluetooth 5.2

Potência do transmissor (EIRP)

2,400-2,4835 GHz: < 8 dBm

(DJI, 2023e, p. 1)

Sobre a Bateria de Voo Inteligente:

Capacidade

2.453 mAh

Peso

Aprox. 80,5 g

Voltagem

7,38 V

Limite de tensão de carregamento

8,5 V

Tipo de bateria

Li-ion

Energia

18,1 Wh

Tempo de carregamento

64 min. (com o Carregador USB-C 30 W DJI e a bateria encaixada na aeronave)

56 min. (com o Carregador USB-C 30 W DJI e a bateria encaixada no Carregador com múltiplas entradas de duas vias do DJI Mini 3 Pro)

Alcance da temperatura de carregamento

5° a 40 °C

Carregador recomendado

Carregador USB-C 30 W DJI ou outro carregador USB com fornecimento de energia (30 W)*

* Ao carregar a bateria encaixada na aeronave ou no Carregador com múltiplas entradas de duas vias do DJI Mini 3 Pro, a potência máx. de carregamento é de 30 W.

(DJI, 2023e, p. 1)

Há também a opção de uso da Bateria de Voo Inteligente Plus:

Capacidade

3850 mAh

Peso

Aprox. 121 g

Voltagem

7,38 V

Limite de tensão de carregamento

8,5 V

Tipo de bateria

Li-ion

Energia

28,4 Wh

Tempo de carregamento

101 min. (com o Carregador USB-C 30 W DJI e a bateria encaixada na aeronave)

78 min. (com o Carregador USB-C 30 W DJI e a bateria encaixada no Carregador com múltiplas entradas de duas vias do DJI Mini 3 Pro)

Alcance da temperatura de carregamento

5° a 40 °C

Carregador recomendado

Carregador USB-C 30 W DJI ou outro carregador USB com fornecimento de energia (30 W)*

* Ao carregar a bateria encaixada na aeronave ou no Carregador com múltiplas entradas de duas vias do DJI Mini 3 Pro, a potência máx. de carregamento é de 30 W.

(DJI, 2023e, p. 1)

Sobre o armazenamento de dados:

Cartões de memória suportados

Requer velocidade UHS-I de classe 3 ou superior.

Cartões microSD recomendados

SanDisk Extreme 64GB V30 A1 microSDXC

SanDisk Extreme 128GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme 256GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme 512GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 64GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 256GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 400GB V30 A2 microSDXC

SanDisk High Endurance 64GB V30 microSDXC

SanDisk High Endurance 256GB V30 microSDXC
 SanDisk Max Endurance 32GB V30 microSDHC
 SanDisk Max Endurance 128GB V30 microSDXC
 SanDisk Max Endurance 256GB V30 microSDXC
 Kingston Canvas Go!Plus 64GB V30 A2 microSDXC
 Kingston Canvas Go!Plus 128GB V30 A2 microSDXC
 Kingston Canvas Go!Plus 256GB V30 A2 microSDXC
 Lexar High Endurance 64GB V30 microSDXC
 Lexar High Endurance 128GB V30 microSDXC
 Lexar 667x 64GB V30 A1 microSDXC
 Lexar 633x 256GB V30 A1 microSDXC
 Lexar 1066x 64GB V30 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 128GB V30 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 256GB V30 A2 microSDXC
 (DJI, 2023e, p. 1)

Há também o controle remoto DJI RC-N1:

Potência do transmissor (EIRP)
 2,400-2,4835 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,725-5,850 GHz: < 26 dBm (FCC), < 23 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE)
 Dimensões máx. dos dispositivos móveis suportados
 Comprimento x largura x altura: 180 mm x 86 mm x 10 mm
 Tipos de portas USB suportadas
Lightning, Micro USB (Tipo B), USB-C
 Sistema de transmissão de vídeo
 DJI O3
 Duração máx. da bateria
 Sem carregar nenhum dispositivo móvel: 6 horas
 Ao carregar um dispositivo móvel: 4 horas
 Temperatura de funcionamento
 -10° a 40 °C
 (DJI, 2023e, p. 1)

Informações sobre um sistema alternativo de bateria, CR DJI:

Modelo
 RM330
 Sistema de transmissão de vídeo
 DJI O3
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,400-2,4835 GHz: < 26 dBm (FCC); < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,725-5,850 GHz: < 26 dBm (FCC), < 23 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE)
 Capacidade de armazenamento
 A capacidade de armazenamento do CR DJI pode ser aumentada usando um cartão microSD. É possível armazenar imagens e vídeos no cartão e exportá-las a um computador ou outros dispositivos.
 Porta de saída de vídeo
 Não suportado
 Duração máx. da bateria
 Aprox. 4 horas
 Temperatura de funcionamento
 -10° a 40 °C
 Cartões SD suportados

Requer velocidade UHS-I de classe 3 ou superior. Uma lista de cartões microSD recomendados pode ser encontrada aqui.

Cartões microSD recomendados

SanDisk Extreme 64 GB V30 A1 microSDXC

SanDisk Extreme 128 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme 256 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme 512 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 64 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 256 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk Extreme Pro 400 GB V30 A2 microSDXC

SanDisk High Endurance 64 GB V30 microSDXC

SanDisk High Endurance 256 GB V30

Kingston Canvas Go!Plus 64 GB V30 A2 microSDXC

Kingston Canvas Go!Plus 256 GB V30 A2 microSDXC

Lexar High Endurance 64 GB V30 microSDXC

Lexar High Endurance 128 GB V30 microSDXC

Lexar 633x 256 GB V30 A1 microSDXC

Lexar 1066x 64 GB V30 A2 microSDXC

Samsung EVO Plus 512 GB microSDXC

Protocolo Wi-Fi

802.11 a/b/g/n

Potência do transmissor Wi-Fi (EIRP)

2,400-2,4835 GHz: < 23 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)

5,150-5,250 GHz: < 23 dBm (FCC/CE/SRRC/MIC)

5,725-5,850 GHz: < 23 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)

Protocolo Bluetooth

Bluetooth 4.2

Potência do transmissor de Bluetooth (EIRP)

2,400-2,4835 GHz: < 10 dBm

(DJI, 2023e, p. 1)

O carregador com múltiplas entradas possui:

Carregadores DJI compatíveis

Carregador USB-C 30 W DJI ou outro carregador USB com fornecimento de energia (30 W)

* Ao carregar uma bateria encaixada na aeronave ou no Carregador com múltiplas entradas de duas vias do *DJI Mini 3 Pro*, a potência máx. de carregamento suportada é de 30 W.

Bateria DJI compatível

Bateria de Voo Inteligente do DJI Mini 3 Pro, Bateria de Voo Inteligente Plus do DJI Mini 3 Pro

Entrada

5 V, 3 A

9 V, 3 A

12 V, 3 A

Saída (USB)

Tensão máx.: 5 V, Tensão máx.: 2 A

Tipo de carregamento

3 baterias sendo carregadas em sequência

(DJI, 2023e, p. 1)

Sobre o aplicativo utilizado:

Aplicativo no dispositivo móvel
DJI Fly
Sistemas operacionais necessários
iOS v11.0 ou superior
Android v6.0 ou superior
(DJI, 2023e, p. 1)

As notas referentes a numeração em colchetes são:

1. Peso padrão da aeronave (incluindo a Bateria de Voo Inteligente, hélices e cartão microSD do DJI Mini 3 Pro). O peso real do produto pode variar devido a diferenças em relação aos materiais do lote e fatores externos. Alguns países e regiões não exigem registro. Confira as regras e regulamentações locais antes do uso. Estas especificações foram determinadas por meio de testes conduzidos com o *firmware* mais recente. Atualizações de *firmware* podem melhorar o desempenho. É altamente recomendado baixar o *firmware* mais recente.

Com a Bateria de Voo Inteligente Plus do DJI Mini 3 Pro, o peso da aeronave será superior a 249 g (cerca de 290 g). Antes de voar, verifique as leis e regulamentações locais.

2. A velocidade máx. de voo está sujeita às regulamentações locais e pode mudar. Cumpra estritamente as leis e regulamentações locais ao voar.

3. Um aumento no peso da aeronave pode afetar a propulsão de voo. Quando a aeronave estiver usando a Bateria de Voo Inteligente Plus, não adicione cargas adicionais como protetores de hélices ou acessórios terceirizados para evitar a falta de propulsão.

4. Devido a regulamentações e políticas locais de restrição, a faixa de frequência de 5,8 GHz está atualmente proibida em alguns países, incluindo, entre outros, países como o Japão, Rússia, Israel, Ucrânia e Cazaquistão. Ao voar nestes locais, favor usar a faixa de frequência de 2,4 GHz. Sempre verifique as regras e regulamentações locais antes de voar, já que podem sofrer alteração sem aviso prévio.

5. Testado em ambiente laboratorial com baixa interferência em países/regiões que suportam ambas as faixas de frequência de 2,4 GHz e 5,8 GHz. Com gravações salvas em um cartão SD ou no armazenamento interno. A velocidade de download pode variar de acordo com as condições atuais.

6. Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes sem obstruções de interferências típicas. Deve ser usado como referência e não garante a distância real de voo.

Distância de comunicação máx. em uma única direção do DJI Mini 3 Pro em países/regiões com diferentes padrões:

FCC: Estados Unidos, Austrália, Canadá, Hong Kong, Taiwan, Chile, Colômbia, Porto Rico e outras regiões. Alcance máx. de transmissão: 12 km

SRRC: China continental. Alcance máx. de transmissão: 8 km

CE: Reino Unido, Rússia, França, Alemanha, Portugal, Espanha, Suíça, Macau, Nova Zelândia, Emirados Árabes Unidos e outras regiões. Alcance máx. de transmissão: 8 km
 MIC: Japão. Distância máx. de transmissão: 8 km
 (DJI, 2023e, p. 1)

Phantom 4 RTK

As especificações técnicas da RPA em si são as seguintes:

Peso
 1391 g
 Distância diagonal
 350 mm
 Teto máximo de serviço acima do nível do mar
 19685 pés (6000 metros)
 Velocidade máxima de subida
 6 m/s (voo automático); 5 m/s (controle manual)
 Velocidade máxima de descida
 3m/s
 Velocidade máxima
 31 mph (50 km/h)(modo P)
 36 mph (58 km/h)(modo A)
 Tempo máximo de voo
 Aproximadamente. 30 minutos
 Faixa de temperatura operacional
 32° a 104° F (0° a 40°C)
 Frequência de operação
 2,400 GHz a 2,483 GHz (Europa, Japão, Coreia)
 5,725 GHz a 5,850 GHz (Estados Unidos, China)
 Potência de Transmissão (EIRP)
 2,4 GHz
 CE (Europa)/MIC (Japão)/KCC (Coreia): < 20 dBm
 5,8 GHz
 SRRC (China)/FCC (Estados Unidos)/NCC (Taiwan, China):< 26 dBm
 Intervalo de Precisão do Flutuar
 RTK ativado e funcionando corretamente:
 Vertical: $\pm 0,1$ m; Horizontal: $\pm 0,1$ m

RTK desativado
 Vertical: $\pm 0,1$ m (com posicionamento de visão);
 $\pm 0,5$ m (com posicionamento GNSS)
 Horizontal: $\pm 0,3$ m (com posicionamento de visão)
 $\pm 1,5$ m (com posicionamento GNSS)
 Deslocamento da posição da imagem
 A posição do centro da câmera é relativa ao centro de fase da antena D-RTK a bordo sob o eixo do corpo da aeronave: (36, 0 e 192 mm) já aplicado às coordenadas da imagem nos dados. Os eixos positivos x, y e z do corpo da aeronave apontam para frente, para a direita e para baixo da aeronave, respectivamente.
 (DJI, 2023h, p. 1)

Com relação ao georreferenciamento por satélite da aeronave:

Módulo GNSS de frequência única e alta sensibilidade
 GPS + BeiDou + Galileo (Ásia);
 GPS + GLONASS + Galileo (outras regiões)
 GNSS RTK de alta precisão, multifrequência, multissistema
 Frequência usada:
 GPS: L1/L2;
 GLONASS: L1/L2;
 BeiDou: B1/B2;
 Galileo: E1/E5a
 Primeiro tempo fixo: < 50 s
 Precisão de posicionamento: Vertical 1,5 cm + 1 ppm (RMS);
 Horizontal 1 cm + 1 ppm (RMS)
 1 ppm significa que o erro aumenta 1 mm para cada 1 km de movimento da aeronave.
 (DJI, 2023h, p. 1)

As funções de mapeamento da RPA possuem os seguintes detalhes:

Precisão do mapeamento **
 A precisão do mapeamento atende aos requisitos dos Padrões de Precisão ASPRS para Ortofotos Digitais Classe III
 ** A precisão real depende da iluminação e padrões circundantes, altitude da aeronave, software de mapeamento usado e outros fatores ao fotografar.
 Distância de Amostragem do Solo (GSD)
 (H/36,5) cm/pixel,
 H significa a altitude da aeronave em relação à cena de filmagem (unidade: m)
 Eficiência de aquisição de dados
 Área operacional máxima de aprox. 1 km² para um único voo (a uma altitude de 182 m, ou seja, GSD é de aprox. 5 cm/pixel, atendendo aos requisitos dos Padrões de Precisão ASPRS para Ortofotos Digitais Classe III.
 (DJI, 2023h, p. 1)

Detalhes sobre a estabilização da aeronave:

Estabilização
 3 eixos (inclinação, rotação, guinada)
 Tom
 -90° a +30°
 Velocidade angular máxima controlável
 90°/s
 Faixa de Vibração Angular
 ±0,02°
 (DJI, 2023h, p. 1)

Detalhes sobre o sistema de visão:

Faixa de velocidade
 ≤ 31 mph (50 km/h) a 6,6 pés (2 m) acima do solo com iluminação adequada
 Faixa de altitude
 0-33 pés (0-10 m)
 Faixa de operação
 0-33 pés (0-10 m)
 Faixa de detecção de obstáculos
 2-98 pés (0,7-30 m)
 FOV
 Frente/Trás: 60° (horizontal), ±27° (vertical)
 Para baixo: 70° (dianteiro e traseiro), 50° (esquerda e direita)
 Frequência de Medição
 Frente/Trás: 10 Hz;
 Para baixo: 20 Hz
 Ambiente operacional
 Superfícies com padrões claros e iluminação adequada (>15 lux)
 (DJI, 2023h, p. 1)

O *drone* ainda possui sistema infravermelho:

Faixa de detecção de obstáculos
 0,6-23 pés (0,2-7 m)
 FOV
 70°(Horizontal)
 ±10°(Vertical)
 Frequência de Medição
 10 Hz
 Ambiente operacional
 Superfície com material de reflexão difusa e refletividade > 8% (como parede, árvores, humanos, etc.)
 (DJI, 2023h, p. 1)

Sobre a câmera:

Sensor
 1" CMOS; pixels efetivos: 20 M
 Lente
 FOV 84°; 8,8 mm/24 mm (equivalente ao formato de 35 mm: 24 mm)
 f/2,8 - f/11, foco automático a 1 m - ∞
 Faixa ISO
 Vídeo: 100-3200 (Auto)
 100-6400 (Manual) ;
 Foto:100-3200 (Auto)
 100-12800 (Manual)
 Velocidade do Obturador Mecânico

8 - 1/2000 s
 Velocidade do Obturador Eletrônico
 8 - 1/8000 s
 Tamanho máximo da imagem
 4864x3648 (4:3);
 5472x3648 (3:2)
 Modos de gravação de vídeo
 H.264, 4K: 3840x2160 30p
 Formato de foto
 JPEG
 Formato de vídeo
 MOV
 Sistemas de arquivos suportados
 FAT32 (≤ 32 GB);
 exFAT (> 32 GB)
 Cartões SD Suportados
 MicroSD, capacidade máxima: 128 GB. Classificação Classe 10 ou
 UHS-1 necessária Velocidade de gravação ≥ 15 MB/s
 Faixa de temperatura operacional
 32° a 104° F (0° a 40°C)
 (DJI, 2023h, p. 1)

Características do controle remoto:

Frequência de operação
 2,400 GHz-2,483 GHz (Europa, Japão, Coreia)
 5,725 GHz-5,850 GHz (Estados Unidos, China)
 Potência de Transmissão (EIRP)
 2,4 GHz
 CE/MIC/KCC: < 20 dBm
 5,8 GHz
 SRRC/FCC: < 26 dBm
 Distância máxima de transmissão
 FCC: 4,3 mi (7 km);
 SRRC/CE/MIC/KCC: 3,1 mi (5 km) (desobstruído, livre de interferência)
 Consumo de energia
 16 W (valor típico)
 Mostrar
 Tela de 5,5 polegadas, 1920x1080, 1000 cd/m²,
 memória do sistema Android 4G RAM+16G ROM
 Faixa de temperatura operacional
 32° a 104° F (0° a 40°C)
 (DJI, 2023h, p. 1)

A aeronave permite o uso da bateria de voo inteligente PH4-5870mAh-15,2V:

Capacidade
 5870 mAh
 Tensão
 15,2 V
 Tipo de Bateria

LiPo 4S
 Energia
 89,2 Wh
 Peso líquido
 468 g
 Faixa de temperatura de carregamento
 14° a 104°F (-10° a 40°C)
 Potência máxima de carregamento
 160 W
 (DJI, 2023h, p. 1)

Sobre o carregador, há o tipo *Hub* de Carregamento Phantom 4:

Tensão
 17,5V
 Faixa de temperatura operacional
 41° a 104°F (5° a 40°C)
 Capacidade
 4.920mAh
 Tensão
 7,6 V
 Tipo de Bateria
 Li-Po 2S
 Energia
 37,39 Wh
 Temperatura de operação
 -4° a 104°F (-20° a 40°C)
 (DJI, 2023h, p. 1)

Existe também uma outra opção de carregador permissível, o Hub WCH2:

Tensão de entrada
 17,3 - 26,2 V
 Tensão e corrente de saída
 8,7 V, 6 A; 5 V, 2 A
 Temperatura de operação
 41° a 104°F (5° a 40°C)
 (DJI, 2023h, p. 1)

Características do adaptador de energia:

Tensão
 17,4V
 Potência nominal
 160 W
 (DJI, 2023h, p. 1)

Por fim, características do controle remoto do SDK:

Frequência de operação

2,400 GHz a 2,483 GHz (Europa, Japão, Coreia)
 5,725 GHz a 5,850 GHz (outros países/regiões)
 EIRP
 2,4 GHz
 CE/MIC/KCC: < 20 dBm
 5,8 GHz
 FCC/SRRC/NCC: < 26 dBm
 Distância máxima de transmissão
 FCC/NCC: 4,3 mi (7 km);
 CE/MIC/KCC/SRRC: 3,1 mi (5 km)
 (desobstruído, livre de interferências)
 Bateria Embutida
 6000 mAh LiPo 2S
 Corrente / Tensão Operacional
 1,2 A @ 7,4 V
 Suporte para dispositivo móvel
 Tablets e smartphones
 Temperatura de operação
 32° a 104° F (0° a 40° C)
 (DJI, 2023h, p. 1)

DJI Air 3

As especificações da aeronave indicam:

Peso de decolagem
 720 g
 Dimensões
 Dobrada (sem hélices): 207×100,5×91,1 mm (C×L×A)
 Desdobrada (sem hélices): 258,8×326×105,8 mm (C×L×A)
 Velocidade máx. de ascensão
 10 m/s
 Velocidade máx. de descensão
 10 m/s
 Velocidade máx. horizontal (ao nível do mar, sem vento)
 21 m/s
 19 m/s na União Europeia.
 Altitude máx. de decolagem
 6000 m
 Duração máx. de voo
 46 min.
 Medidas obtidas pelo DJI Air 3 ao voar a uma velocidade constante de 28,8 km/h em um ambiente sem vento, ao nível do mar, com ambos o APAS e o *AirSense* desabilitados e os parâmetros da câmera definidos como 1080p/24 fps, o modo de vídeo desligado e drenando a bateria de 100% a 0%. Valores apenas para referência. Durante o voo, favor atentar-se às notificações no aplicativo.
 Duração máx. de voo estacionário
 42 min.
 Medidas obtidas pelo DJI Air 3 ao fazer voo estacionário em um ambiente sem vento, ao nível do mar, com ambos o APAS e o *AirSense* desabilitados e os parâmetros da câmera definidos como 1080p/24 fps, o modo de vídeo desligado e drenando a bateria de

100% a 0%. Valores apenas para referência. Durante o voo, favor atentar-se às notificações no aplicativo.

Distância máx. de voo

32 km

Resistência máx. ao vento

12 m/s

Ângulo máx. de arfagem

35°

Temperatura de funcionamento

-10° a 40 °C

Sistema global de navegação por satélite (GNSS)

GPS + Galileo + BeiDou

Alcance de precisão em voo estacionário

Vertical:

±0,1 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com posicionamento por GNSS)

Horizontal:

±0,3 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com sistema de posicionamento em alta precisão)

Armazenamento interno

8 GB

(DJI, 2023a, p. 1)

Sobre o sistema de câmeras:

Sensor de imagens

Câmera grande-angular:

CMOS de 1/1,3"

Píxeis efetivos: 48 MP

Câmera Tele média: CMOS de 1/1,3"; Píxeis efetivos: 48 MP

Lente

Câmera grande-angular

Campo de visão: 82°

Formato equivalente: 24 mm

Abertura: f/1,7

Foco: 1 m a ∞

Câmera Tele média

Campo de visão: 35°

Formato equivalente: 70 mm

Abertura: f/2.8

Foco: 3 m a ∞

Alcance ISO

Vídeo

Normal e Câmera lenta:

100-6400 (Normal)

100-1600 (D-Log M)

100-1600 (HLG)

Noturno:

100-12800 (Normal)

Foto

100-6400 (12 MP)

100-3200 (48 MP)

Velocidade do obturador

Câmera grande-angular

Fotos em 12 MP: 1/16000-2 s (de 2,5 a 8 s para longa exposição simulada)

Fotos em 48 MP: 1/8000-2 s

Câmera Tele média

Fotos em 12 MP: 1/16000-2 s (de 2,5 a 8 s para longa exposição simulada)

Fotos em 48 MP: 1/8000-2 s

Dimensões máx. da imagem

Câmera grande-angular: 8064x6048

Câmera Tele média: 8064x6048

Modos de fotografia

Câmera grande-angular

Disparo único: 12 MP e 48 MP

Disparo contínuo: 12 MP, 3/5/7 quadros; 48 MP, 3 quadros

Variação da exposição automática (AEB): 12 MP, 3/5 quadros; 48 MP, 3 quadros a 0,7 EV

Temporizado: 12 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s; 48 MP, 5/7/10/15/20/30/60 s

Câmera Tele média

Disparo único: 12 MP e 48 MP

Disparo contínuo: 12 MP, 3/5/7 quadros; 48 MP, 3 quadros

Variação da exposição automática (AEB): 12 MP, 3/5 quadros; 48 MP, 3 quadros a 0,7 EV

Temporizado: 12 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s; 48 MP, 5/7/10/15/20/30/60 s

Formatos de foto

JPEG/DNG (RAW)

Resoluções de vídeo

Câmera grande-angular

H.264/H.265

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60/100 *fps

FHD: 1920x1080 a 24/25/30/48/50/60/100*/200 *fps

Gravação vertical em 2,7K: 1512x2688 a 24/25/30/48/50/60 fps

Gravação vertical em FHD: 1080x1920 a 24/25/30/48/50/60 fps

Câmera Tele média

H.264/H.265

4K: 3840x2160 a 24/25/30/48/50/60/100 *fps

FHD: 1920x1080 a 24/25/30/48/50/60/100*/200 *fps

Gravação vertical em 2,7K: 1512x2688 a 24/25/30/48/50/60 fps

Gravação vertical em FHD: 1080x1920 a 24/25/30/48/50/60 fps

* Taxa de quadros da gravação. O vídeo correspondente será reproduzido como um vídeo em Câmera lenta. 4K/100 fps suporta apenas H.265.

Formato de vídeo

MP4 (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265)

Taxa de bites máx. do vídeo

H.264/H.265: 150 Mbps

Sistema de arquivo suportado

exFAT

Modos de cores e métodos de amostragem

Câmera grande-angular

Normal: 8 bits 4:2:0 (H.264/H.265)

HLG/D-Log M: 10 bits 4:2:0 (H.265)

Câmara Tele média
 Normal: 8 bits 4:2:0 (H.264/H.265)
 HLG/D-Log M: 10 bits 4:2:0 (H.265)
 Zoom digital
 Câmara grande-angular: 1 a 3x
 Câmara Tele média: 3 a 9x
 (DJI, 2023a, p. 1)

Características do estabilizador:

Estabilização
 Mecânica triaxial (inclinação, rotação, giro)
 Alcance mecânico
 Inclinação: -135° a 70°
 Rotação: -50° a 50°
 Giro: -27° a 27°
 Alcance controlável
 Inclinação: -90° a 60°
 Giro: -5° a 5°
 Velocidade máx. controlável (inclinação)
 100 °/s
 Alcance da vibração angular
 ±0,0037°
 (DJI, 2023a, p. 1)

Sobre o sistema de detecção:

Tipo de detecção
 Sistema visual binocular omnidirecional, complementado por um sensor infravermelho na parte inferior da aeronave

Dianteira
 Intervalo de medição: 0,5 a 18 m
 Intervalo de detecção: 0,5 a 200 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo ≤ 12 m/s
 Campo de visão (FOV): 90° (horizontal); 72° (vertical)

Traseira
 Intervalo de medição: 0,5 a 18 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo ≤ 12 m/s
 Campo de visão (FOV): 90° (horizontal); 72° (vertical)

Lateral
 Intervalo de medição: 0,5 a 30 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo ≤ 12 m/s
 Campo de visão (FOV): 90° (horizontal); 72° (vertical)

Superior
 Intervalo de medição: 0,5 a 18 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo ≤ 6 m/s
 Campo de visão (FOV): Frontal e traseiro: 72°; Esquerdo e direito: 90°

Inferior
 Intervalo de medição: 0,3 a 14 m
 Velocidade de detecção efetiva: Velocidade de voo ≤ 6 m/s
 Campo de visão (FOV):

Frontal e traseiro: 106°; Esquerdo e direito: 90°
 Ambiente operacional
 Frontal, traseiro, esquerdo, direito e superior:
 Superfícies com padrões discerníveis e iluminação adequada (lux >15)
 Inferior:
 Superfícies com padrões discerníveis e com refletividade difusa > 20%
 (como paredes, árvores, pessoas) e iluminação adequada (lux > 15)
 Sensor infravermelho em 3D
 Intervalo de medição: 0,1 a 8 m (refletividade > 10%)
 Campo de visão (FOV): Frontal e traseiro: 60°; Direito e esquerdo: 60°
 (DJI, 2023a, p. 1)

Características da transmissão de vídeo:

Sistema de transmissão de vídeo
 O4
 Qualidade da transmissão ao vivo
 Controle remoto:
 1080p/30 fps, 1080p/60 fps
 Frequência de funcionamento
 2,4000-2,4835 GHz
 5,170-5,250 GHz
 5,725-5,850 GHz
 As faixas de frequência de 5,170-5,250 GHz podem ser usadas
 somente em países e regiões onde são permitidas pelas leis e
 regulamentações locais.
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,4 GHz:
 < 33 dBm (FCC)
 < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,1 GHz:
 < 23 dBm (CE)
 5,8 GHz:
 < 33 dBm (FCC)
 < 30 dBm (SRRC)
 < 14 dBm (CE)
 Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de
 interferências)
 FCC: 20 km
 CE: 10 km
 SRRC: 10 km
 MIC: 10 km
 Medidas obtidas em um ambiente ao ar livre sem obstruções e livre de
 interferências. Os dados acima exibem o maior alcance de
 comunicação em uma única direção, sem voos de retorno em cada
 instância. Durante o voo, favor atentar-se às notificações de RTH no
 aplicativo.
 Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de
 interferências)
 Forte interferência (áreas urbanas): aprox. 1,5 a 4 km
 Interferência média (áreas suburbanas): aprox. 4 a 10 km
 Interferência baixa (subúrbios/zonas costeiras): aprox. 10 a 20 km

Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes sem obstruções com interferências típicas. Valores meramente para referência, não oferecendo garantias sobre a distância real de transmissão.

Distância máx. de transmissão (com obstruções e interferências)

Baixa interferência e com obstrução por edifícios: aprox. 0 a 0,5 km

Baixa interferência e com obstrução por árvores: aprox. 0,5 a 3 km

Dados testados em conformidade com o padrão FCC em ambientes com obstruções com interferências baixas típicas. Valores meramente para referência, não oferecendo garantias sobre a distância real de transmissão.

Velocidade máx. de download

O4:

10 MB/s (com o Controle remoto DJI RC-N2)

10 MB/s (com o CR DJI 2)

Wi-Fi 5: 30 MB/s*

* Testado em ambiente laboratorial com baixa interferência em países/regiões que suportam ambas as faixas de frequência de 2,4 GHz e 5,8 GHz. A velocidade de download pode variar de acordo com as condições reais.

Menor latência

Aeronave + Controle remoto: aprox. 120 ms

Varia de acordo com o ambiente real e o dispositivo móvel.

Antena

6 antenas, 2T4R

(DJI, 2023a, p. 1)

Sobre o Wi-Fi:

Protocolo

802.11 a/b/g/n/ac

Frequência de funcionamento

2,400 - 2,4835 GHz

5,725 - 5,850 GHz

Potência do transmissor (EIRP)

2,4 GHz:

< 20 dBm (FCC/CE/SRRC/MIC)

5,8 GHz:

< 20 dBm (FCC/SRRC)

< 14 dBm (CE)

(DJI, 2023a, p. 1)

A aeronave possui tecnologia bluetooth:

Protocolo

Bluetooth 5.2

Frequência de funcionamento

2,400 - 2,4835 GHz

Potência do transmissor (EIRP)

< 10 dBm

(DJI, 2023a, p. 1)

Características da bateria:

Capacidade
 4241 mAh
 Peso
 Aprox. 267 g
 Tensão nominal
 14,76 V
 Voltagem máx. de carregamento
 17 V
 Tipo
 Li-ion 4S
 Energia
 62,6 Wh
 Temperatura de carregamento
 5° a 40 °C
 Tempo de carregamento
 Aprox. 80 min. (com o Carregador portátil 65 W DJI)
 Aprox. 60 min. (com o Adaptador de energia USB-C 100 W DJI e o Carregador com múltiplas entradas da bateria)
 (DJI, 2023a, p. 1)

Propriedades do carregador de baterias:

Entrada
 Carregador portátil 65 W DJI:
 100 a 240 V (AC); 50 a 60 Hz; 2 A
 Adaptador de energia USB-C 100 W DJI:
 100 a 240 V (AC); 50 a 60 Hz; 2,5 A
 Saída
 Carregador portátil 65 W DJI:
 USB-C:
 5 V/5 A
 9 V/5 A
 12 V/5 A
 15 V/4,3 A
 20 V/3,25 A
 5 a 20 V; 3,25 A
 USB-A
 5 V/2 A
 Adaptador de energia USB-C 100 W DJI:
 Máx. de 100 W (total)
 Quando ambas as portas estão sendo usadas, a potência máx. de saída de uma das portas é de 82 W, e o carregador irá alocar a potência de saída de ambas as portas dinamicamente, de acordo com a carga da potência.
 Potência nominal
 Carregador portátil 65 W DJI: 65 W
 Adaptador de energia USB-C 100 W DJI: 100 W
 (DJI, 2023a, p. 1)

Há a possibilidade de uso de um carregador com múltiplas entradas de bateria:

Entrada
 USB-C: 5 a 20 V, máx. 5 A
 Saída (acúmulo de carga)
 Entrada da bateria: 12 a 17 V; 3,5 A
 Saída (carregando)
 Entrada da bateria: 12 a 17 V; máx. de 5 A
 Saída (USB)
 USB-C:
 5 V, 3 A
 9 V, 5 A
 12 V, 5 A
 15 V, 5 A
 20 V; 4,1 A
 Tipo de carregamento
 3 baterias carregadas em sequência.
 Compatibilidade
 Bateria de Voo Inteligente (DJI Air 3)
 (DJI, 2023a, p. 1)

Também existe um carregador adaptado para automóveis:

Entrada
 Entrada de alimentação veicular:
 12,7 a 16 V; 6,5 A, tensão nominal de 14 V DC
 Saída
 USB-C:
 5 V, 5 A
 9 V, 5 A
 12 V, 5 A
 15 V; 4,3 A
 20 V; 3,25 A
 5 a 20 V; 3,25 A
 USB-A:
 5 V/2 A
 Potência nominal
 65 W
 Temperatura de carregamento
 5° a 40 °C
 (DJI, 2023a, p. 1)

Sobre o armazenamento de dados da RPA:

Cartões microSD recomendados
 SanDisk Extreme PRO 32 GB V30 U3 A1 microSDHC
 Lexar 1066x 64 GB V30 U3 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 128 GB V30 U3 A2 microSDXC
 Lexar 1066x 256 GB V30 U3 A2 microSDXC

Lexar 1066x 512 GB V30 U3 A2 microSDXC
 Kingston Canvas GO! Plus 64 GB V30 U3 A2 microSDXC
 Kingston Canvas GO!Plus 128 GB V30 U3 A2 microSDXC
 Kingston Canvas React Plus 64 GB V90 U3 A1 microSDXC
 Kingston Canvas React Plus 128 GB V90 U3 A1 microSDXC
 Kingston Canvas React Plus 256 GB V90 U3 A1 microSDXC
 Samsung EVO Plus 512 GB V30 U3 A2 microSDXC
 (DJI, 2023a, p. 1)

Por fim, informações do controle remoto (DJI RC-N2):

Modelo
 RC151
 Tempo máx. de funcionamento
 Sem carregar um dispositivo móvel: 6 horas
 Ao carregar um dispositivo móvel: 3,5 horas
 Dimensões máx. dos dispositivos móveis suportados
 180x86x10 mm (CxLxA)
 Temperatura de funcionamento
 -10° a 40 °C
 Temperatura de carregamento
 5° a 40 °C
 Tempo de carregamento
 2,5 horas
 Tipo de carregamento
 Recomenda-se usar um carregador de 5 V/2 A.
 Capacidade da bateria
 18,72 Wh (3,6 V; 2600 mAh × 2)
 Tipo
 18650 Li-ion
 Dimensões
 104,22x149,95x45,25 mm (CxLxA)
 Peso
 375 g
 Tipo de entrada dos dispositivos móveis suportados
 Lightning, USB-C, Micro-USB
 É necessário adquirir o Cabo do CR do DJI RC-N1 (conector Micro USB padrão) para usar um dispositivo móvel na entrada Micro USB, que é vendido separadamente.
 Frequência de funcionamento da transmissão de vídeo
 2,4000 - 2,4835 GHz
 5,170 - 5,250 GHz
 5,725 - 5,850 GHz
 Potência do transmissor (EIRP) da transmissão de vídeos
 2,4 GHz:
 < 33 dBm (FCC)
 < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,1 GHz:
 < 23 dBm (CE)
 5,8 GHz:
 < 33 dBm (FCC)
 < 14 dBm (CE)
 < 30 dBm (SRRC)

(DJI, 2023a, p. 1)

DJI Avata

As especificações técnicas da RPA são as seguintes. A câmera possui as características:

Sensor
CMOS de 1/1,7”
Píxeis efetivos: 48 MP
Lente
Campo de visão: 155°
Distância focal equivalente: 12,7 mm
Distância focal: 2,34 mm
Abertura: f/2.8
Modo de foco: FF
Alcance do foco: 0,6 m a ∞
Alcance ISO
100 - 6400 (automático)
100 - 25600 (manual)
Velocidade do obturador
Vídeo: 1/8000-1/50 s
Foto: 1/8000-1/50 s
Modo de fotografia
Disparo único
Dimensões máx. da imagem
4000x3000
Formato de foto
JPEG
Resoluções de vídeo
Com os DJI Goggles 2:
4K a 30/50/60 fps
2.7K a 30/50/60/100/120 fps
1080p a 30/50/60/100/120 fps
Com os *Goggles DJI FPV V2*:
4K a 30/50/60 fps
2.7K a 30/50/60/100/120 fps
1080p a 30/50/60/100/120 fps
Formato de vídeo
MP4
Taxa de bites máx. do vídeo
150 Mbps
Modo de cores
Padrão
D-Cinelike
EIS
Suporta *RockSteady* e *HorizonSteady*
Pode ser desabilitada
Correção de distorções
Suporta Modo Normal, Modo Amplo e Modo Super Amplo
Sistema de arquivo suportado
exFAT (recomendado)
FAT32
(DJI, 2023b, p. 1)

O termo “*Goggles DJI FPV V2*” citado faz referência aos óculos para voo em modo de visão em primeira pessoa. O estabilizador tem as propriedades:

Alcance mecânico
Inclinação: -95° a 75°
Alcance controlável
Inclinação: -80° a +65°
Estabilização
Eixo único (inclinação)
Velocidade máx. controlável
60°/s
Alcance da vibração angular
±0,01°
Eixo de rotação eletrônico
A correção de tela em tempo real está indisponível ao gravar, mas pode ser aplicada à gravação salva no *drone*.
(DJI, 2023b, p. 1)

Sobre a aeronave em si:

Modelo
QF2W4K
Peso de decolagem
Aprox. 410 g
Dimensões (C×L×A)
180×180×80 mm
Distância diagonal
120 mm
Velocidade máx. de ascensão
6 m/s (Modo Normal, Modo Esportivo)
Velocidade máx. de descensão
6 m/s (Modo Normal, Modo Esportivo)
Velocidade máx. [1]
8 m/s (modo Normal)
14 m/s (Modo Esportivo)
27 m/s (modo Manual)
Altitude máx. de decolagem
5000 m
Duração máx. de voo estacionário
Aprox. 18 min.[2]
Distância máx. de voo
11,6 km
Resistência máx. ao vento
10,7 m/s (nível 5)
Alcance da temperatura de funcionamento
-10° a 40 °C
Potência de transmissão (EIRP)
FCC: < 33 dBm

CE: < 14 dBm
 SRRC: < 30 dBm
 Antenas
 Antenas duplas, 2T2R
 GNSS
 GPS + Galileo + BeiDou
 Alcance de precisão em voo estacionário
 Vertical:
 ±0,1 m (com posicionamento visual)
 ±0,5 m (com posicionamento por GNSS)
 Horizontal:
 ±0,3 m (com posicionamento visual)
 ±1,5 m (com posicionamento por GNSS)
 Cartões SD suportados
 microSD (com até 256 GB)
 Cartões microSD recomendados
 SanDisk Extreme U3 V30 A1 32 GB microSDXC
 SanDisk Extreme Pro U3 V30 A1 32 GB microSDXC
 Kingston Canvas Go!Plus U3 V30 A2 64 GB microSDXC
 Kingston Canvas React Plus U3 V90 A1 64 GB microSDXC
 Kingston Canvas React Plus U3 V90 A1 128 GB microSDXC
 Kingston Canvas React Plus U3 V90 A1 256 GB microSDXC
 Samsung PRO Plus U3 V30 A2 256 GB microSDXC
 Armazenamento interno
 20 GB
 (DJI, 2023b, p. 1)

Sistema de detecção:

Inferior (sistema visual binocular e ToF) [3]
 Altura de medição efetiva de ToF: 10 m
 Faixa de voo estacionário: 0,5 a 10 m
 Alcance de voo estacionário do sensor visual: 0,5 a 20 m
 Ambiente operacional
 Superfícies com refletividade difusa com padrões claros > 20%
 (paredes, árvores, pessoas, etc.)
 Condições de iluminação adequadas (lux > 15 em condições de
 iluminação interna normais)
 (DJI, 2023b, p. 1)

Possui bateria de voo inteligente:

Capacidade da bateria
 2420 mAh
 Voltagem
 14,76 V
 Limite de tensão de carregamento
 17 V
 Tipo
 Li-ion
 Sistema químico

LiNiMnCoO₂
 Energia
 35,71 Wh a 0,5 C
 Taxa de descarga
 Típica: 7C
 Peso
 Aprox. 162 g
 Alcance da temperatura de carregamento
 5° a 40 °C
 (DJI, 2023b, p. 1)

Características da transmissão de vídeo:

Frequência de comunicação
 2,400 - 2,4835 GHz (somente RX)
 5,725 - 5,850 GHz (RX e TX) [4]
 Banda larga de comunicação
 Máx. 40 MHz
 Qualidade e latência da exibição ao vivo [5]
 Com os Goggles DJI FPV V2:
 Qualidade da transmissão de vídeo em 810p/120 fps: A latência de transmissão de vídeos é menor que 28 ms.
 Qualidade da transmissão de vídeo em 810p/60 fps: A latência de transmissão de vídeos é menor que 40 ms.
 Com os DJI Goggles 2:
 Qualidade da transmissão de vídeo em 1080p/100 fps: A latência de transmissão de vídeos é de apenas 30 ms.
 Qualidade da transmissão de vídeo em 1080p/60 fps: A latência de transmissão de vídeos é de apenas 40 ms.
 Taxa de bites máx. da transmissão de vídeo [6]
 50 Mbps
 Alcance máx. de transmissão de vídeos [7]
 10 km (FCC), 2 km (CE), 6 km (SRRC)
 Transmissão de áudio
 Não suportada
 (DJI, 2023b, p. 1)

Sobre os óculos para imagem virtual DJI Goggles 2:

Modelo
 RCDS18
 Peso
 Aprox. 290 g (faixa para a cabeça inclusa)
 Dimensões (CxLxA)
 Com as antenas dobradas: 167,40×103,90×81,31 mm
 Com as antenas desdobradas: 196,69×103,90×104,61 mm
 Tamanho da tela (tela única)
 0,49 polegada
 Resolução (tela única)
 1920×1080
 Taxa de atualização

Até 100 Hz
 Alcance da distância interpupilar
 56 a 72 mm
 Alcance de ajuste da dioptria
 -8 D a +2 D
 Campo de visão (tela única)
 51°
 Frequência de comunicação
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,725 - 5,850 GHz [4]
 Potência de transmissão (EIRP)
 2,4 GHz: < 30 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/KC)
 5,8 GHz [4]: < 30 dBm (FCC), < 23 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE/KC)
 Protocolo Wi-Fi
 Wi-Fi 802,11 b/a/g/n/ac
 Frequência de comunicação Wi-Fi
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,150 - 5,250 GHz (quando usado em ambientes fechados) [8]
 5,725 - 5,850 GHz [4]
 Potência de transmissão de WI-FI (EIRP)
 2,4 GHz: < 20 dBm (FCC/CE/SRRC/KC)
 5,1 GHz [8]: < 20 dBm (FCC/CE/KC)
 5,8 GHz [4]: < 20 dBm (FCC/SRRC/KC), < 14 dBm (CE)
 Protocolo Bluetooth
 Bluetooth 5.2
 Frequência de comunicação Bluetooth
 2,400 - 2,4835 GHz
 Potência de transmissão de Bluetooth (EIRP)
 < 8 dBm
 Taxa de bites máx. da transmissão de vídeo [6]
 50 Mbps
 Formato de gravação de vídeo
 MOV
 Formatos de reprodução de vídeo e áudio suportados
 MP4 e MOV (formatos de codificação de vídeo: H.264 e H.265; formato
 de áudio: ACC, PCM)
 Transmissão Wi-Fi
 Suporta Protocolo DLNA
 Alcance da temperatura de funcionamento
 -10° a 40 °C
 Entrada de alimentação
 Bateria (DJI Goggles 2)
 Cartões SD suportados
 microSD (com até 256 GB)
 (DJI, 2023b, p. 1)

Há ainda as características da bateria própria do óculos DJI Goggles 2:

Capacidade
 1.800 mAh
 Voltagem
 7 a 9 V (1,5 A)
 Tipo

Li-ion
 Sistema químico
 LiNiMnCoO_2
 Energia
 18 Wh
 Alcance da temperatura de carregamento
 0° a 45 °C
 Potência máx. de carregamento
 12,6 W (5 V/2 A; 9 V/1,4 A)
 Peso
 Aprox. 122 g
 Dimensões (CxLxA)
 73,04x40,96x26 mm
 Tempo de funcionamento
 Aprox. 2 horas
 (DJI, 2023b, p. 1)

Existe também uma segunda opção de óculos para imagem virtual em perspectiva de primeira pessoa, o Goggles DJI FPV V2:

Modelo
 FGDB28
 Peso
 Aprox. 420 g (faixa para a cabeça e antenas inclusas)
 Formatos de reprodução de vídeo e áudio suportados
 MP4, MOV, MKV (Formatos de código de vídeo: H.264; Formatos de áudio: AAC-LC, AAC-HE, AC-3, MP3)
 Alcance da temperatura de funcionamento
 0° a 40° C
 Formato de gravação de vídeo
 MOV (formato de codificação de vídeo: H.264)
 Campo de visão
 30° a 54°, ajustável
 Dimensões da imagem: 50% a 100%
 Frequência de comunicação
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,725 - 5,850 GHz [4]
 Taxa de bites máx. da transmissão de vídeo [6]
 50 Mbps
 Dimensões (CxLxA)
 Sem antenas: 184x122x110 mm
 Com antenas: 202x126x110 mm
 Potência de transmissão (EIRP)
 2,400 - 2,4835 GHz
 FCC: $\leq 28,5$ dBm
 CE: ≤ 20 dBm
 SRRC: ≤ 20 dBm
 5,725 - 5,850 GHz [4]
 FCC: $\leq 31,5$ dBm
 CE: ≤ 14 dBm
 SRRC: ≤ 19 dBm
 Tamanho da tela (tela única)

2"
 Entrada de alimentação
 Baterias especiais para os DJI Goggles
 Cartões SD suportados
 microSD (com até 256 GB)
 Banda larga de comunicação
 Máx. 40 MHz
 Alcance da distância interpupilar
 58 - 70 mm
 Taxa de atualização
 144 Hz
 Resolução da tela
 1440x810
 (DJI, 2023b, p. 1)

Características da bateria própria dos óculos Goggles DJI FPV V2:

Peso
 Aprox. 119 g
 Dimensões (CxLxA)
 73,04 x 40,96 x 26 mm
 Capacidade
 1.800 mAh
 Voltagem
 Máx. de 9 V
 Sistema químico
 LiNiMnCoO₂
 Tipo
 Li-Po 2S
 Energia
 18 Wh
 Alcance da temperatura de carregamento
 0° a 45 °C
 Potência máx. de carregamento
 10 W
 Tempo de funcionamento
 Aprox. 110 min
 (DJI, 2023b, p. 1)

Existe um controle de movimentos especial, que fornece ao operador maiores eficiência e capacidade operacionais:

Modelo
 FC7BMC
 Peso
 Aprox. 167 g
 Frequência de comunicação
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,725 - 5,850 GHz [4]
 Potência de transmissão (EIRP)
 2,4 GHz: ≤ 28,5 dBm (FCC), ≤ 20 dBm (CE/SRRC)
 5,8 GHz [4]: ≤ 31,5 dBm (FCC), ≤ 19 dBm (SRRC), ≤ 14 dBm (CE)

Alcance da temperatura de funcionamento

-10° a 40 °C

Tempo de funcionamento

Aprox. 5 horas

(DJI, 2023b, p. 1)

Já o controle remoto padrão da aeronave tem as seguintes propriedades:

Modelo

FC7BGC

Peso

Aprox. 346 g

Frequência de comunicação

2,400 - 2,4835 GHz

5,725 - 5,850 GHz [4]

Potência de transmissão (EIRP)

2,4 GHz: ≤ 28,5 dBm (FCC), ≤ 20 dBm (CE/SRRC)

5,8 GHz [4]: ≤ 31,5 dBm (FCC), ≤ 19 dBm (SRRC), ≤ 14 dBm (CE)

Dimensões (CxLxA)

190x140x51 mm

Tempo de funcionamento

Aprox. 9 horas

Alcance da temperatura de funcionamento

-10° a 40 °C

Tempo de carregamento

2,5 horas

(DJI, 2023b, p. 1)

Observações sobre as informações fornecidas:

1. A velocidade máx. de voo está sujeita às restrições locais. Cumpra estritamente as leis e regulamentações locais ao voar.
2. Testado ao fazer voo estacionário em um ambiente sem vento e sem interferências.
3. O DJI Avata suporta detecção de obstáculos inferior quando usado com o Controle Remoto DJI FPV V2 ou com o Controle de Movimentos DJI no Modo N e no Modo S.
4. A faixa de frequência de 5,8 GHz está atualmente banida em determinados países e regiões. Para obter mais detalhes, consulte as regras e regulamentações locais.
5. Testado ao ar livre em um ambiente sem interferências. Os dados de latência da transmissão de vídeo variam de acordo com os diferentes modelos.
6. Testado ao ar livre em um ambiente sem interferências. A taxa de bites de transmissão de vídeo varia de acordo com os ambientes operacionais.
7. Compatível com FCC e testado em ambiente aberto ao ar livre sem interferência. Dados testados sob diversos padrões em um ambiente aberto ao ar livre sem interferência. Serve apenas como referência para a distância máxima de comunicação em uma única direção sem considerar o RTH. Favor atentar-se às notificações de RTH durante o voo. Distância máxima de comunicação unidirecional do DJI Avata em países/regiões com diferentes padrões:

FCC: Estados Unidos, Austrália, Canadá, Hong Kong, Taiwan, Chile, Colômbia, Porto Rico e outras regiões;

SRRC: China.

CE: Reino Unido, França, Alemanha, Portugal, Espanha, Suíça, Macau, Nova Zelândia, Emirados Árabes Unidos e outras regiões.

8. A faixa de frequência de 5,1 GHz está atualmente banida na Tailândia. Para obter mais detalhes, consulte as regras e regulamentações locais.

(DJI, 2023b, p. 1)

DJI Inspire 3

As especificações técnicas da RPA são as seguintes. A aeronave em si possui as características:

Modelo

T740

Peso da aeronave

Aprox. 3995 g (inclui a câmera com estabilizador, duas baterias, lente, PROSSD e as hélices)

Peso máx. de decolagem

Aprox. 4,310 g

Alcance de precisão em voo estacionário

Vertical:

±0,1 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com posicionamento por GNSS)

±0,1 m (com posicionamento por RTK)

Horizontal:

±0,3 m (com posicionamento visual)

±0,5 m (com posicionamento por GNSS)

±0,1 m (com posicionamento por RTK)

Precisão de posicionamento por RTK (RTK fixo)

1 cm + 1 ppm (horizontal)

1,5 cm + 1 ppm (vertical)

Velocidade máx. angular

Inclinação: 200°/s

Rotação: 200°/s

Guinada: 150°/s

Ângulo máx. de arfagem

Modo N: 35°

Modo S: 40°

Modo A: 35°

Modo T: 20°

Freio emergencial: 55°

Velocidade máx. de ascensão

8 m/s

Medidas obtidas ao voar em um ambiente sem vento ao nível do mar, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios. Dados apenas para referência.

Velocidade máx. de descensão

Vertical: 8 m/s

Inclinação: 10 m/s

Medidas obtidas ao voar em um ambiente sem vento ao nível do mar, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios. Dados apenas para referência.

Velocidade máx. horizontal

94 km/h

Medidas obtidas ao voar em um ambiente sem vento ao nível do mar, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios. Dados apenas para referência.

Altura máx. de serviço acima do nível do mar

Hélices padrão: 3800 m

Hélices de alta altitude: 7000 m

Medidas obtidas em um ambiente com ventos fracos, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios. Dados apenas para referência.

Resistência máx. ao vento

Decolar/pousar: 12 m/s

Em voo: 14 m/s

Medidas obtidas ao voar ao nível do mar, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios. Dados apenas para referência.

Duração máx. de voo estacionário

Aprox. 25 min.

Medidas obtidas ao fazer voo estacionário em um ambiente sem vento ao nível do mar com a câmera com estabilizador e a lente encaixada na aeronave e sem outros acessórios, com o trem de pouso erguido e gravando vídeos em 4K/24 fps H.264 (S35) até que a bateria se esgote em 0%. Valores apenas para referência.

Duração máx. de voo

Aprox. 28 min. (trem de pouso abaixado)

Aprox. 26 min. (trem de pouso erguido)

Medidas obtidas ao voar para a frente com velocidade constante de 36 km/h em um ambiente sem vento ao nível do mar, com a câmera com estabilizador e a lente encaixadas na aeronave e sem outros acessórios, gravando vídeos em 4K/24 fps com H.264 (S35) até que a bateria se esgote em 0%. Valores apenas para referência.

Modelo do motor

DJI 3511s

Sistema global de navegação por satélite

GPS + Galileo + BeiDou

Modelo de hélice

Hélices padrão: DJI 1671

Hélices de alta altitude: DJI 1676

Temperatura de funcionamento

-20° a 40 °C

Distância diagonal

Trem de pouso erguido: 695 mm

Trem de pouso abaixado: 695 mm

Dimensões do modo Viagem

Altura: 176 mm

Largura: 709,8 mm

Comprimento: 1,25 m

(DJI, 2023d, p. 1)

Sobre o sistema de câmera com estabilizador:

Sensor
 CMOS com quadros completos de 35 mm
 Resolução máxima
 Photo: 8192x5456
 Vídeo: 8192x4320
 Lentes compatíveis
 Lente ASPH F2.8 DL de 18 mm
 Lente ASPH LS F2.8 DL de 24 mm
 Lente ASPH LS F2.8 DL de 35 mm
 Lente ASPH LS F2.8 DL de 50 mm
 Formato de foto
 JPG, DNG
 Formato de vídeo
 MOV, CinemaDNG
 Modos de operação
 Captura, gravação, reprodução
 Modo de exposição
 P, A, S, M
 Tipo do obturador
 Obturador eletrônico
 Velocidade do obturador
 8 - 1/8000 s
 Equilíbrio de branco
 AWB
 MWB (2000K - 10000 K)
 Alcance ISO
 Foto
 ISO: 100 - 25600
 Vídeo
 EI: 200 a 6400
 Taxa de oscilação
 Modo de captura: Automático, 50 Hz, 60 Hz, DESL.
 Alcance da vibração angular
 Voo estacionário: $\pm 0,002^\circ$
 Voando: $\pm 0,004^\circ$
 Método de instalação
 Liberação rápida
 Alcance mecânico
 Inclinação:
 -128° a 110° (trem de pouso abaixado)
 -148° a 90° (trem de pouso erguido)
 Rotação: - 90° a 230°
 Giro: $\pm 330^\circ$
 Alcance controlável
 Inclinação (trem de pouso abaixado):
 Antes do limite de extensão de inclinação do estabilizador: - 90° a 30°
 Após o limite de extensão de inclinação do estabilizador: - 115° a 100°
 Inclinação (trem de pouso erguido):
 Antes do limite de extensão de inclinação do estabilizador: - 90° a 30°
 Após o limite de extensão de inclinação do estabilizador: - 140° a 75°
 Rotação: $\pm 20^\circ$
 Giro: $\pm 300^\circ$
 Velocidade máx. controlável

Com o CR Plus DJI:
 Inclinação: 120°/s
 Rotação: 180°/s
 Giro: 270°/s
 Com o DJI Master Wheels:
 Inclinação: 432°/s
 Rotação: 432°/s
 Giro: 432°/s
 Peso
 Aprox. 516 g (sem lente)
 (DJI, 2023d, p. 1)

Propriedades da transmissão de vídeo:

Sistema de transmissão de vídeo
 O3 Pro
 Qualidade da transmissão ao vivo
 Câmera em FPV: Até 1080p/60 fps
 Câmera com estabilizador: Até 1080p/60 fps, 4K/30 fps
 Taxa de bites máx. do vídeo
 50 Mbps
 Distância máx. de transmissão
 Modo de controle individual:
 Câmera FPV: aprox. 15 km (FCC), 8 km (CE/SRRC/MIC)
 Câmera com estabilizador (transmissões ao vivo em 1080p/60 fps):
 aprox. 13 km (FCC), 7 km (CE/SRRC/MIC)
 Câmera com estabilizador (transmissões ao vivo em 4K/30 fps): aprox.
 5 km (FCC), 3 km (CE/SRRC/MIC)
 Modo de controle duplo:
 Câmera FPV: aprox. 12 km (FCC), 6,4 km (CE/SRRC/MIC)
 Câmera com estabilizador (transmissão ao vivo em 1080p/60 fps):
 aprox. 11,2 km (FCC), 5,6 km (CE/SRRC/MIC)
 Câmera com estabilizador (transmissão ao vivo em 4K/30 fps): aprox.
 4 km (FCC); 2,4 km (CE/SRRC/MIC)
 Medidas obtidas em um ambiente ao ar livre, sem obstruções, livre de
 interferências, com a câmera com estabilizador e a lente encaixada na
 aeronave e sem outros acessórios. Os dados acima exibem o maior
 alcance de comunicação em uma única direção, sem voos de retorno
 em cada instância. Durante o voo, favor atentar-se às notificações no
 aplicativo.
 Menor latência
 Câmera FPV: 90 ms
 Câmera com estabilizador: 90 ms
 A latência mínima da câmera com estabilizador foi medida ao gravar
 vídeos RAW com ProRes em 4K/60 fps. A latência mínima da câmera
 em FPV foi medida com sinais estáveis de transmissão de vídeos.
 Frequência de funcionamento
 2,4000 - 2,4835 GHz
 5,150 - 5,250 GHz (CE: 5,170 - 5,250 GHz)
 5,725 - 5,850 GHz
 Em alguns países e regiões, as faixas de frequência de 5,1 GHz e 5,8
 GHz estão proibidas e a faixa de frequência de 5,1 GHz só é permitida

para uso em ambientes fechados. Para obter mais detalhes, consulte as regras e regulamentações locais.

Potência do transmissor (EIRP)

2,4 GHz: < 33 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)

5,1 GHz: < 23 dBm (CE)

5,8 GHz: < 33 dBm (FCC), < 30 dBm (SRRC), < 14 dBm (CE)

(DJI, 2023d, p. 1)

Especificações da bateria:

Modelo

Bateria Inteligente TB51

Capacidade

4280 mAh

Tensão nominal

23,1 V

Tipo

Li-ion

Sistema químico

LiCoO₂

Energia

98,8 Wh

Peso

Aprox. 470 g

Temperatura de funcionamento

- 20° a 40 °C

Temperatura de carregamento

- 20° a 40° C

Caso a temperatura da bateria for inferior a 10° C, a bateria irá habilitar a função de aquecimento automático. Carregamento com temperatura ambiente abaixo de 0° C pode reduzir a vida útil da bateria.

Potência máx. de carregamento

205,5 W

Carregamento através da aeronave

Não suportado

(DJI, 2023d, p. 1)

Há um carregador com múltiplas entradas de bateria:

Entrada

100 a 240 V AC, máx. de 8 A

Saída

26,4 V; 7,8 A

Saída nominal total

476 W, incluindo carreg. rápido com 65 W PD da entrada USB-C

Tempo de carregamento

Modo Rápido: Aprox. 35 min. a 90%

Modo padrão: Aprox. 55 min. a 100%

Modo Silencioso: Aprox. 80 min. a 100%

Testado em temperatura ambiente de 25° C em um ambiente bem ventilado. No Modo Rápido, cada par de baterias é carregado até 90%

em sequência e então oito baterias são carregadas em conjunto até 100%.

Temperatura de carregamento

-20° a 40 °C

Peso

Aprox. 1,680 g

(DJI, 2023d, p. 1)

O tipo de cartão de memória é o DJI PROSSD 1 TB.

Já o sistema de detecção conta com as seguintes características:

Dianteira

Alcance de medição: 1,5 a 48 m

Velocidade de detecção efetiva: ≤ 15 m/s

Campo de visão:

Horizontal: 90°, Vertical: 103° (trem de pouso abaixado)

Horizontal: 72°, Vertical: 103° (trem de pouso abaixado)

Traseira

Alcance de medição: 1,5 a 48 m

Velocidade de detecção efetiva: ≤ 15 m/s

Campo de visão (FOV): Horizontal: 90°; Vertical: 103°

Lateral

Alcance de medição: 1,5 a 42 m

Velocidade de detecção efetiva: ≤ 15 m/s

Campo de visão (FOV): Horizontal: 90°; Vertical: 85°

Superior

Alcance de medição: 0,2 a 13 m

Velocidade de detecção efetiva: ≤ 6 m/s

Campo de visão (FOV): Frontal e traseiro: 100°; Direita e esquerda: 90°

Inferior

Intervalo de medição: 0,3 a 18 m

Velocidade de detecção efetiva: ≤ 6 m/s

Campo de visão (FOV): Frontal e traseiro: 130°; Direita e esquerda: 160°

Ambiente operacional

Frontal, traseiro, esquerdo, direito e superior: superfícies com padrões discerníveis e iluminação adequada (lux > 15)

Inferior:

superfícies com padrões discerníveis e com refletividade difusa > 20% (como paredes, árvores, pessoas, etc), iluminação adequada (lux >15)

Detecção de obstáculos desabilitada enquanto o trem de pouso estiver descendo ou subindo.

Alcance de medição do sensor infravermelho ToF

0 a 10 m

(DJI, 2023d, p. 1)

Propriedades do controle remoto:

Modelo

RM700B

Tempo de funcionamento
 Baterias integradas: aprox. 3,3 horas
 Baterias integradas + bateria externa: aprox. 6 horas
 Frequência de funcionamento
 2,4000 - 2,4835 GHz
 5,725 GHz a 5,850 GHz
 Em alguns países e regiões, as faixas de frequência de 5,1 GHz e 5,8 GHz estão proibidas e a faixa de frequência de 5,1 GHz só é permitida para uso em ambientes fechados. Para obter mais detalhes, consulte as regras e regulamentações locais.
 Porta de saída de vídeo
 HDMI
 Fonte de alimentação
 Baterias integradas ou bateria externa
 Operação coordenada
 Suporta controle duplo e cooperação entre vários operadores
 Consumo de energia
 12,5 W
 Temperatura de funcionamento
 -20° a 50 °C
 Temperatura de armazenamento
 -30° a 45° C (dentro de 1 mês)
 -30° a 35° C (de 1 a 3 meses)
 -30° a 30° C (três meses a 1 ano)
 Bateria
 Bateria integrada: 3250 mAh a 7,2 V (um set)
 Bateria externa: Bateria Inteligente WB37
 Protocolo Wi-Fi
 Wi-Fi 6
 Frequência de funcionamento Wi-Fi
 2,4000 - 2,4835 GHz
 5,150 - 5,250 GHz
 5,725 - 5,850 GHz
 Potência do transmissor Wi-Fi (EIRP)
 2,4 GHz: < 26 dBm (FCC), < 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,1 GHz: < 26 dBm (FCC), < 23 dBm (CE/SRRC/MIC)
 5,8 GHz: < 26 dBm (FCC/SRRC), < 14 dBm (CE)
 Protocolo Bluetooth
 Bluetooth 5.1
 Frequência de funcionamento do Bluetooth
 2,400 a 2,4835 GHz
 Potência do transmissor de Bluetooth (EIRP)
 < 10 dBm
 (DJI, 2023d, p. 1)

Por fim, o aplicativo utilizado é o *DJI Pilot 2* e a câmera em *FPV* possui campo de visão de 161° e resolução 1920x1080 a 60 fps.

DJI FPV

As especificações da aeronave indicam para a câmera:

Sensor
CMOS de 1/2,3"
Píxeis efetivos: 12 milhões
Lente
Campo de visão: 150°
Formato equivalente a 35 mm: 14,66 mm
Abertura: f/2.8
Modo de foco: Foco fixo
Alcance do foco: 0,6 m a ∞
ISO
100 a 12.800
Velocidade do obturador
1/50 - 1/8000 s
Modo de fotografia
Disparo único
Dimensões máx. da imagem
3840x2160
Formato de foto
JPEG
Resoluções de vídeo
4K: 3840x2160 a 50/60 fps
FHD: 1920x1080 a 50/60/100/120 fps
Formatos de vídeo
MP4/MOV (H.264/MPEG-4 AVC, H.265/HEVC)
Taxa de bits máx. do vídeo
120 Mbps
Perfis de cores
Padrão, D-Cinelike
RockSteady EIS
Disponível
Correção de distorções
Disponível
Formatos de arquivos suportados
exFAT (recomendado)
FAT32
(DJI, 2023c, p. 1)

O estabilizador tem as seguintes características:

Alcance mecânico
Inclinação: -65° a 70°
Alcance controlável
Inclinação: -50° a 58°
Estabilização
Único eixo (inclinação), eixo de rotação eletrônica
Velocidade máx. controlável
60 °/s
Alcance da vibração angular
 $\pm 0,01^\circ$ (modo N)
Eixo de rotação eletrônico
Disponível (capaz de gerar gravações estáveis quando a aeronave está inclinada em ângulos de até 10°)
(DJI, 2023c, p. 1)

A aeronave em si tem as seguintes propriedades:

Peso de decolagem

Aprox. 795 g

Dimensões

255x312x127 mm (com hélices)

178x232x127 mm (sem hélices)

Distância diagonal

245 mm

Velocidade máx. de ascensão

Modo M: Sem limites

Modo S: 15 m/s

Modo N: 8 m/s

Velocidade máx. de descensão

Modo M: Sem limites

Modo S: 10 m/s

Modo N: 7 m/s

Velocidade máx.

140 km/h

Modo M: 39 m/s

Modo S: 27 m/s

Modo N: 15 m/s

Aceleração máx.

0 a 100 km/h: 2 seg. (em condições ideais ao voar no Modo M)

Altura máx. de serviço acima do nível do mar

6.000 m

Tempo máx. de voo

Aprox. 20 min. (medido ao voar a 40 km/h, em condições sem vento)

Duração máx. de voo estacionário

Aprox. 16 min. (medida ao voar em condições sem vento)

Distância máx. de voo

16,8 km (medida ao voar em condições sem vento)

Resistência máx. ao vento

39 a 49 km/h

Temperatura de funcionamento

-10° a 40 °C

Potência do transmissor (EIRP)

2,400 - 2,4835 GHz

FCC: ≤ 31,5 dBm

CE: ≤ 20 dBm

SRRC: ≤ 20 dBm

MIC: ≤ 20 dBm

5,725 - 5,850 GHz

FCC: ≤ 31,5 dBm

CE: ≤ 14 dBm

SRRC: ≤ 25,5 dBm

Quantidade de antenas

Quatro

GNSS

GPS+GLONASS+Galileo

Alcance de precisão em voo estacionário

Vertical:

$\pm 0,1$ m (com posicionamento visual)
 $\pm 0,5$ m (com posicionamento por GPS)
 Horizontal:
 $\pm 0,3$ m (com posicionamento visual)
 $\pm 1,5$ m (com posicionamento por GPS)
 Cartão SD suportado
 microSD (com até 256 GB)
 (DJI, 2023c, p. 1)

Sobre os sistemas de detecção:

Frontal
 Intervalo de medição de precisão: 0,5 a 18 m
 Detecção de obstáculos: Somente disponível no Modo N
 Campo de visão: 56° (horizontal), 71° (vertical)
 Inferior (sensores visuais duplos + ToF)
 Altura de detecção efetiva ToF: 10 m
 Alcance de voo estacionário: 0,5 a 15 m
 Alcance de voo estacionário do sensor visual: 0,5 a 30 m
 Luz auxiliar inferior
 LED unitário
 Ambiente de operação
 Refere-se a superfícies não refletivas e identificáveis
 Refletividade difusa > 20% (como paredes, árvores, pessoas, etc)
 Condições de iluminação adequadas (lux > 15 em condições de
 iluminação interna normais)
 (DJI, 2023c, p. 1)

Características do carregador:

Entrada
 100 a 240 V; 50/60 Hz; 1,8 A
 Saída
 Interface de carregamento da bateria:
 25,2 V $\pm 0,1$ V
 3,57 A $\pm 0,1$ A (alta tensão)
 1 A $\pm 0,2$ A (baixa tensão)
 Entrada USB:
 5 V/2 A ($\times 2$)
 Potência nominal
 86 W
 (DJI, 2023c, p. 1)

Especificação da bateria de voo inteligente:

Capacidade da bateria
 2000 mAh
 Voltagem
 22,2 V
 Voltagem máx. de carregamento

25,2 V
 Tipo de bateria
 LiPo 6S
 Energia
 44,4 Wh a 0,5 C
 Taxa de descarga
 Padrão: 10 C
 Peso
 295 g
 Temperatura de carregamento
 5° a 40 °C
 Potência máx. de carregamento
 90 W
 (DJI, 2023c, p. 1)

Propriedades da transmissão de vídeo:

Frequências de funcionamento
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,725 - 5,850 GHz
 Banda larga de comunicação
 40 MHz (máx.)
 Modo de exibição ao vivo
 Modo de baixa latência: 810p/120 fps ≤ 28 ms
 Modo de alta qualidade: 810p/60 fps ≤ 40 ms
 Taxa de bits máx. do vídeo
 50 Mbps
 Alcance de transmissão
 10 km (FCC); 6 km (CE); 6 km (SRRRC); 6 km (MIC)
 Suporte para transmissão de áudio
 Sim
 (DJI, 2023c, p. 1)

O *drone* em questão permite a utilização dos óculos *Goggles DJI FPV V2* e estes têm as seguintes propriedades:

Peso
 Aprox. 420 g (faixa para a cabeça e antenas inclusas)
 Dimensões
 184×122×110 mm (antenas não inclusas)
 202×126×110 mm (antenas inclusas)
 Dimensões da tela
 2 polegadas (×2)
 Taxa de atualização da tela
 144 Hz
 Frequências de comunicação [1]
 2,400 - 2,4835 GHz
 5,725 - 5,850 GHz
 Potência do transmissor (EIRP)
 2,400 - 2,4835 GHz
 FCC: ≤ 28,5 dBm

CE: ≤ 20 dBm
 SRRC: ≤ 20 dBm
 MIC: ≤ 20 dBm
 5,725 - 5,850 GHz
 FCC: $\leq 31,5$ dBm
 CE: ≤ 14 dBm
 SRRC: ≤ 19 dBm
 Banda larga de comunicação
 40 MHz (máx.)
 Modo de exibição ao vivo
 Modo de baixa latência: 810p/120 fps ≤ 28 ms*
 Modo de alta qualidade: 810p/60 fps ≤ 40 ms*
 * Ao gravar em 50 ou 100 fps, o campo de visão em 150° é suportado.
 Para outras taxa de quadros, o campo de visão será de 142°
 Taxa de bits máx. do vídeo
 50 Mbps
 Alcances de transmissão [2]
 10 km (FCC); 6 km (CE); 6 km (SRRC); 6 km (MIC)
 Formato de vídeo
 MOV (formato de vídeo: H.264)
 Formatos de reprodução de vídeo e áudio suportados
 MP4, MOV, MKV (formato de vídeo: H.264; Formato de áudio: AAC-LC, AAC-HE, AC-3, MP3)
 Temperatura de funcionamento
 0° a 40 °C
 Entrada de alimentação
 Baterias específicas dos DJI Goggles ou outras de 11,1 a 25,2 V
 Campo de visão
 FOV: 30° a 54°; Dimensões da imagem: 50 a 100%
 Alcance da distância interpupilar
 58 a 70 mm
 Cartão microSD suportado
 microSD (com até 256 GB)
 (DJI, 2023c, p. 1)

Sobre a bateria deles:

Capacidade
 1800 mAh
 Voltagem
 9 V (máx.)
 Tipo
 LiPo 2S
 Energia
 18 Wh
 Temperatura de carregamento
 0° a 45 °C
 Potência máx. de carregamento
 10 W
 Duração da bateria
 Aprox. 110 minutos (medida em um ambiente a 25°C com nível máximo de brilho)
 (DJI, 2023c, p. 1)

A RPA é compatível com o controle remoto DJI FPV 2, possuidor das seguintes características:

Frequências de funcionamento
2,400 - 2,4835 GHz
5,725 - 5,850 GHz
Potência do transmissor (EIRP)
2,400 - 2,4835 GHz
FCC: $\leq 28,5$ dBm
CE: ≤ 20 dBm
SRRC: ≤ 20 dBm
MIC: ≤ 20 dBm
5,725 - 5,850 GHz
FCC: $\leq 31,5$ dBm
CE: ≤ 14 dBm
SRRC: ≤ 19 dBm
Distância máx. de transmissão
10 km (FCC); 6 km (CE); 6 km (SRRC); 6 km (MIC)
Dimensões
190x140x51 mm
Peso
346 g
Duração da bateria
Aprox. 9 horas
Tempo de carregamento
2,5 horas
(DJI, 2023c, p. 1)

Há ainda compatibilidade com o Controle de Movimentos DJI, um facilitador de pilotagem para operadores já treinados, possuidor das seguintes características:

Modelo
FC7BMC
Peso
167 g
Alcance da frequência de funcionamento
2,400 - 2,4835 GHz
5,725 - 5,850 GHz
Distância máx. de transmissão (sem obstruções, livre de interferências)
10 km (FCC); 6 km (CE/SRRC/MIC)
Potência do transmissor (EIRP)
2,4 GHz: $\leq 28,5$ dBm (FCC), ≤ 20 dBm (CE/SRRC/MIC)
5,8 GHz: $\leq 31,5$ dBm (FCC), ≤ 19 dBm (SRRC), ≤ 14 dBm (CE)
Alcance da temperatura de funcionamento
-10° a 40 °C
Duração da bateria
5 horas
(DJI, 2023c, p. 1)

Por fim, informações sobre o cartão microSD:

Cartões microSD suportados
 Limite de 256 GB Velocidade UHS-I Classe 3
 Cartões microSD recomendados
 SanDisk High Endurance U3 V30 64 GB microSDXC
 SanDisk Extreme PRO U3 V30 A2 64 GB microSDXC
 SanDisk Extreme U3 V30 A2 64 GB microSDXC
 SanDisk Extreme U3 V30 A2 128 GB microSDXC
 SanDisk Extreme U3 V30 A2 256 GB microSDXC
 Lexar 667x V30 128 GB microSDXC
 Lexar High Endurance 128 GB U3 V30 microSDXC
 Samsung EVO U3 (amarelo) 64 GB microSDXC
 Samsung EVO Plus U3 (vermelho) 64 GB microSDXC
 Samsung EVO Plus U3 256 GB microSDXC
 Netac 256 GB U3 A1 microSDXC
 (DJI, 2023c, p. 1)

ANAFI AI

As especificações técnicas a respeito do *drone* em si são as seguintes:

Tamanho dobrado: 304x130x118 mm
 Tamanho desdobrado: 320x440x118 mm
 Peso: 898 g/1,98 lb
 Pronto para voar em 60 segundos
 Tempo máximo de voo: 32 minutos
 Velocidade horizontal máxima: 17 m/s - 38 mph
 Velocidade vertical máxima: 4 m/s - 9 mph
 Resistência máxima ao vento: 14 m/s - 31,3 mph durante o voo e 12 m/s - 26,8 mph durante a decolagem e pouso
 Velocidade máxima da hélice: 10.000 rpm
 Teto de serviço: 5.000 m (acima do nível do mar)
 Temperatura operacional: +14 °F (-10 °C) a +104 °F (+40 °C)
 Certificação IP53: resistente a poeira e chuva

Emissão de ruído a 1 m (3 pés): 81 dB
 Slots para cartões MicroSD e SIM
 (PARROT, 2023a, p. 4)

A respeito da conectividade de internet tem-se:

Comutação perfeita de 4G/WiFi
 Arquivos além da linha de visão visual
 Transmissão ao vivo em 1080p e 30 qps
 Sem interferência perto de torres de telecomunicações
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Informações técnicas relativas aos sensores de navegação:

Navegação por satélite: GPS, GLONASS e GALILEO
 Câmera vertical e tempo de voo
 Barômetro e magnetômetro
 2 unidades inerciais de 6 eixos (voo e câmera)
 2 acelerômetros de 3 eixos
 Giroscópios de 2 x 3 eixos
 Câmeras estereoscópicas montadas em uma rotação de 311°
 cardan (-107° a +204°) para evitar obstáculos
 Sistema de otimização de trajetória de IA
 Voo interno
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Especificações referentes ao equipamento de controle, *Parrot Skycontroller 4*:

Tamanho sem terminal: 238x147x55 mm
 Tamanho máximo: 315x147x55 mm
 Peso: 606 g/1,34 lb
 Sistema de transmissão: WiFi 802.11a/b/g/n e 4G
 Frequências operacionais: 2,4 - 5 GHz
 Resolução de transmissão de vídeo direta: 1080p
 Capacidade da bateria: 3.350 mAh 7,2 V
 Compatível com todos os smartphones e tablets de até 8"
 Carrega smartphones e tablets
 Portas: 2xUSB-C (carregamento e conexão), micro-HDMI
 Certificação IP5X: resistente à poeira
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Sobre a bateria inteligente:

Tipo: LiPo de alta densidade (262 Wh/kg)
 Capacidade: 6.800mAh 4,4 V
 Porta de carregamento: USB-C
 Peso: 366 g/0,81 lb

Potência máxima de carregamento: 45 W
 (PARROT, 2023a, p. 4)

A respeito do aplicativo respectivo, *Parrot Freeflight 7*:

Aplicativo gratuito, sem taxa de assinatura
 Disponível na loja de aplicativos
 Compatível com iOS 12 e superior
 3 modelos 3D gratuitos, cortesia da *Pix4Dcloud*
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Já o sistema de imagens tem as seguintes características:

Sensor: CMOS de 1/2" 48 MP
 Faixa dinâmica: 14 EV no modo HDR
 LD-ASPH óptica (lente esférica de baixa dispersão):
 Abertura: f/2.0
 Equivalente focal de 35 mm: 24 mm
 Profundidade de campo: 4,5 m a ∞
 Faixa ISO: 50 - 6400
 Velocidade do obturador: 1 sa 1/10.000 s
 Zoom: 6x - sem perdas: até 4x (1080p) e 2x (4K UHD)
 Estabilização de 6 eixos:
 Mecânico: 3 eixos (inclinação, rotação, guinada)
 Eletrônico (EIS): 3 eixos (inclinação, rotação, guinada)
 Faixa de inclinação do cardan: -90° a +90
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Especificações de vídeo:

Formato: MP4 (H.264, H.265)
 Resoluções:
 4K UHD: 3840x2160
 1080p: 1920x1080
 Taxas de quadros:
 4K UHD: 24/25/30 fps
 1080p: 24/25/30/48/50/60 fps
 HDR 10: 4K UHD / 1080p 24/25/30 fps
 HDR 8: 4K UHD / 1080p 24/25/30 fps
 Campo de visão horizontal (HFOV): 68°
 Largura de banda máxima de vídeo: 200 Mbps
 P-log para edição de vídeo profissional
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Especificações de foto:

Formatos: JPEG, DNG (Digital Negative RAW)
 Resolução: 48 MP (8000x6000), 12 MP (4000x3000)
 Campo de visão horizontal (HFOV): 73° (amplo),
 69° (amplo com EIS), 65° (retilíneo com EIS)
 Modos: Único, Bracketing, Burst (10 fps),
 Panorama (4 formatos), lapso de tempo, lapso de GPS
 (PARROT, 2023a, p. 4)

O voo autônomo tem as seguintes características:

Fotogrametria: grade, grade dupla, órbita, 1 clique
 Plano de voo: vários pontos de referência e pontos de interesse
 Cameraman: enquadramento automático com rastreamento visual
 Smart RTH: altitude de retorno personalizável
 Veículo: voo adaptado à referência de localização do controlador

(PARROT, 2023a, p. 4)

A segurança cibernética conta com:

Nenhum dado compartilhado sem o consentimento do usuário
 Compatível com FIPS140-2 e CC EAL5+
 Elementos Seguros certificados
 Autenticação forte para 4G
 Fotos assinadas digitalmente
 Transparência e recompensa contínua por *bugs*
 verificação de segurança
 (PARROT, 2023a, p. 4)

Por fim, o sistema de melhoria de conexão, sdk, possui:

Air SDK: recursos de codificação integrados
Ground SDK: kit de desenvolvimento de aplicativos para iOS
OpenFlight: núcleo de código aberto do *FreeFlight 7*
Esfinge: simulador fotorrealista 3D
Olympe: interface de programação do controlador *Python*
 PDrAW: conjunto de ferramentas de vídeo e metadados
 (PARROT, 2023a, p. 4)

ANAFI USA

As especificações técnicas a respeito do *drone* em si são as seguintes:

Tamanho dobrado: 252 x 104 x 84 mm
 Tamanho desdobrado: 282 x 373 x 82 mm
 Tamanho desdobrado na versão MIL: 282 x 373 x 192 mm
 Massa: 500 g/1,10 lb
 Massa máxima de decolagem (MTOM): 644 g/1,42 lb.
 Tempo máximo de voo: 32 minutos (30 minutos na versão MIL)
 Velocidade horizontal máxima: 14,7 m/s
 Velocidade máxima de subida: 4 m/s (6 m/s em SE desbloqueado,
 Versões GOV e MIL)
 Velocidade máxima de descida: 3 m/s
 Resistência máxima ao vento: 14,7 m/s
 Velocidade máxima da hélice: 11.000 rpm
 Nível de potência sonora a 1 m (3 pés): 84 dB
 Teto de serviço: 5.000 m acima do NMM (Nível Médio do Mar)
 Cerca geográfica definida pelo usuário
 Certificação IP53: resistente a poeira e chuva
 Temperatura operacional: -33 °F (-36 °C) a +122 °F (+50 °C)
 Sem limitações de temperatura de decolagem
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Sobre a segurança dos dados virtuais:

Zero dados compartilhados por padrão
 Criptografia AES-XTS do cartão SD com chave de 512 bits
 Conexões de rede criptografadas WPA2 AES CCMP
Firmware assinado digitalmente
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Os sensores têm as seguintes propriedades:

Navegação por satélite: GPS, GLONASS e GALILEO
 Barômetro e magnetômetro
 Câmera vertical e ultrassonar
 IMU de 2 x 6 eixos
 2 acelerômetros de 3 eixos
 Giroscópios de 2 x 3 eixos
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Propriedades das imagens e vídeos relativos ao uso comum:

2 sensores: 1/2,4"
 Zoom digital: 32x
 Velocidade do obturador eletrônico: 1s a 1/10.000 s
 Faixa ISO: 100 - 3200
 Resolução de vídeo: 4K/FHD/HD
 Formato de vídeo: MP4 (H.264)
 Resoluções de fotos:
 Amplo: 21 MP (84° FOV)
 Retilíneo: até 16 MP (até 75,5° FOV)
 Formatos de fotos: JPEG, DNG (Digital NeGative RAW)
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Propriedades das imagens e vídeos vinculados ao sistema de raios infravermelhos
 (sensor *Flir Boson*):

Zoom digital: 32x
 Faixa de temperatura de - 40 °C a + 150 °C
 Sensibilidade térmica: ≤ 60 mK
 Faixa de comprimento de onda IR medida: 7,5 a 13 micrômetros
 Resolução de vídeo: 1280 x 720 px
 Formato de vídeo: MP4 (H.264)
 Taxa de quadros: 9 fps
 Resolução da foto: 320 x 256 px
 Formato da foto: JPEG
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Sobre a estabilização das imagens nos sistemas:

Gimbal estabilizado IR/EO de 3 câmeras:
 Híbrido: 3 eixos
 Mecânico: rotação/inclinação de 2 eixos
 Eletrônica (EIS): inclinação / rotação / guinada de 3 eixos
 Faixa de inclinação controlável do cardan: -90° a +90°
 (PARROT, 2023b, p. 4)

A bateria é do tipo inteligente e de carregamento rápido:

Tipo: LiPo de alta densidade (3 células de 4,4 V)
 Capacidade: 3.400mAh
 Duração da bateria: 32 minutos
 Porta de carregamento: USB-C
 Carrega em 2h com um carregador USB-PD (*Power Delivery*)
 Massa: 195 g/0,43 lb.
 Tensão: 11,55 V
 Potência máxima de carregamento: 30 W
 (PARROT, 2023b, p. 4)

O controle do *drone* é o *Parrot Skycontroller 4*, possuidor das seguintes características:

Tamanho sem dispositivo: 238 x 147 x 55 mm
 Tamanho máximo: 315 x 147 x 55 mm
 Massa: 610 g/1,34 lb
 Sistema de transmissão: Wi-Fi 802.11 a/b/g/n
 Frequências operacionais: 2,4 GHz, UNII-1 e UNII-3
 Resolução de fluxo de vídeo direto: 720p
 Capacidade da bateria: 3.350 mAh 7,2 V
 3h45 de tempo de carregamento
 Entre 3h e 6h de duração da bateria (varia de acordo com o dispositivo usado e seu estado de carga)
 Compatível com todos os smartphones e tablets de até 8"
 Portas: 2 x USB-C (carregamento e conexão), micro-HDMI
 Certificação IP5X: resistente à poeira
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Há ainda a possibilidade de uso do controle *Parrot Skycontroller USA*:

Tamanho: 313 x 208 x 72 mm
 Com antena desdobrada (na versão MIL): 313 x 208 x 173 mm
 Massa: versão GOV: 1,14 kg/2,51 lbs,
 Versão MIL: 1,16 kg / 2,56 lbs
 Compatível com NDAA e TAA
 Sistema de transmissão: Wi-Fi 802.11 a/b/g/n
 (+ rádio *Microhard* adicional na versão MIL)

Frequências operacionais: 2,4 GHz, UNII-1 e UNII-3
 Resolução de fluxo de vídeo direto: 720p
 Capacidade da bateria: 5.000 mAh 7,2 V
 2 horas de carregamento
 4h30 de duração da bateria
 Baseado no Samsung Galaxy Tab A de 8"
 Portas: USB-C, USB-A, Ethernet
 Certificação IP53: resistente a poeira e chuva
 (PARROT, 2023b, p. 4)

A RPA ainda conta com um *upgrade* para uma comunicação ainda melhor entre o controle e a aeronave, denominado *Anafi USA Mil*:

Rádio: Microhard pDDL1800 1,8 GHz
 Compatível com TOGA (Arquitetura Tática de Governo Aberto)
 Antenas dobráveis
 Criptografia AES 256
 Massa adicional:
 20 g na ANAFI EUA
 20 g no Skycontroller EUA
 (PARROT, 2023b, p. 4)

Por fim, a aeronave oferece um programa de software aberto para desenvolvedores relacionados ao sistema de precisão SDK, além da possibilidade de uma parceria tipo extensiva.

Skydio X10

As especificações técnicas da aeronave em si são as seguintes:

Tempo de inicialização: menos de 40 segundos
 Dimensões (desdobrado, com hélices): 31,1" x 25,6" x 5,7"
 Dimensões (dobrado, sem bateria): 13,8" x 6,5" x 4,7"
 Peso (incluindo baterias) Connect SL: 2,11 kg/4,65 lbs
 Conecte SL + 5G: 2,14 kg/4,72 lbs
 Peso máximo de decolagem 2,49 kg/5,49 libras
 Frequência de Operação Conecte SL: 2400 - 2483,5 MHz
 5150 - 5850 MHz

Celular 5G: 600 MHz - 4400 MHz
 Potência do Transmissor (EIRP) Connect SL: 34,3 dBm (2,4 GHz)
 Conecte SL: 33,7 dBm (5 GHz)

Conecte 5G: 20 dBm
 Precisão de par (sem vento ou com vento) VIO: +/- 10cm
 GNSS: +/- 1m
 Velocidade angular máxima (guinada): 100 graus/s
 Rolo/inclinação: 225 graus/s

Ângulo máximo de proteção: 40 graus
 Subida máxima/velocidade decente
 Subida: 6 m/s (13,4 mph)
 Descida: 4 m/s (9,0 mph)
 Velocidade máxima de descida não vertical 6 m/s (13,4 mph)
 Velocidade horizontal máxima (ao nível do mar) 20 m/s (45 mph)
 Velocidade horizontal máxima com prevenção de obstáculos:
 16 m/s (36 mph)

Teto máximo de serviço acima do nível do mar (sem outra carga útil)
 Altitude de 15.000 pés
 Manipulação máxima de rajada (ou abaixo de): 12 m/s (28 mph)
 (resistência estável ao vento de 12 m/s)
 Tempo máximo de flutuação 35 minutos
 Tempo de voo 40 minutos no máximo
 Processadores SoC NVIDIA Jetson Orin SoC
 Qualcomm QRB5165
 Certificação IP55 (resistência à poeira e à água)
 GPS GNSS + Galileo + GLONASS + BeiDou
 Faixa de temperatura operacional -20C° a +45C° / -4F° a 113F°
 Alcance sem fio (sem interferência, operação em linha de visão)
 Urbano: 1 - 2 km (0,6 - 1,2 milhas)
 Suburbano: 2 - 6 km (1,2 - 3,7 milhas)
 Rural: 6 - 12 km (3,7 - 7,5 milhas)
 Máx.: 12 km (7,5 milhas)
 Conexão 5G: Ilimitada (em qualquer lugar que a cobertura celular
 estiver disponível)
 Rede sem fio (descarga de mídia) Connect SL: WiFi6
 Conect 5G: Celular LTE/5G
 Cobertura para evitar obstáculos em 360°
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Características do controle remoto:

Dimensões do controlador 10,5" x 5" x 3"
 Tela sensível ao toque AMOLED dinâmica de 6,6"
 com taxa de atualização adaptativa de 120 Hz
 Resolução: 2340 x 1080 pixels
 Brilho: 1750 nits (pico externo)
 392ppi
 Dimensões 10,5" x 5" x 3"
 Peso 1135 gramas
 Alcance máximo conexão SL: 12 km (7,5 milhas)

Conexão 5G: Ilimitada (sempre que houver cobertura de celular
 disponível)
 Frequências operacionais conexão SL: 2400 - 2483,5 MHz
 5150 - 5850 MHz

Conexão 5G: 600 MHz - 4400 MHz
 Potência do Transmissor (EIRP) conexão SL: 34,7 dBm (2,4GHz)
 e conexão SL: 35,9 dBm (5GHz)

Conexão 5G: 20 dBm
 Classificação de proteção de entrada IP54
 Tempo operacional aproximadamente 5 horas
 Bateria 9600mAh
 GNSS: GPS + Galileo + GLONASS + BeiDou
 Faixa de temperatura operacional: -20C° a 45C°
 Saídas com fio HDMI e USB-C
 Rede sem fio Wi-Fi, celular LTE/5G

Segurança
 Link de dados criptografado compatível com NDA AES-256
 Armazenamento em disco interno criptografado
 Protegido por senha raiz de confiança
 Inicialização confiável
 Atualização segura
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Com relação aos sensores da RPA (VT 300-Z e VT 300-L):

Faixa de vibração angular: +/-0,01°
 Faixa controlável pelo usuário: Inclinação de +/-90°
 Gama Mecânica: Inclinação de +/-140°, guinada de +/-90°, rotação de +75° a -230°
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Informações relativas à câmera do tipo telefoto:

Sensor: CMOS Sony 1/2" 48 MP
 Campo de visão diagonal 13°
 Comprimento focal 35 mm (equivalente a 190 mm)
 Abertura f/2.2
 Foco PDAF híbrido, 5 m a ∞
 Compensação de Exposição +-3
 Velocidade do obturador eletrônico 1/30 a 1/8000
 Faixa ISO 100 a 16.000
 Resolução máxima de vídeo 3840x2880
 Tamanho máximo da foto 8.000 x 6.000
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Sobre a câmera tipo ampla:

Sensor Sony IMX989 1" CMOS de 50,3 MP
 Campo de visão diagonal 93°
 Comprimento focal 8 mm (equivalente a 20 mm)
 Abertura f/1.95
 Foco Pixel de foco 100%, 1 m a ∞
 Compensação de Exposição +-3
 Velocidade do obturador eletrônico 1/30 a 1/8000
 Faixa ISO 100 a 16.000
 Resolução máxima de vídeo 3840x2880

Tamanho máximo da foto 8192x6144
(SKYDIO, 2023b, p. 1)

Características da câmera estreita:

Sensor CMOS Sony 1/1.7" 64 MP
 Campo de visão diagonal 50°
 Comprimento focal 10 mm (equivalente a 46 mm)
 Abertura f/1.8
 Foco PDAF híbrido, 1 m a ∞
 Compensação de Exposição +-3
 Velocidade do obturador eletrônico 1/30 a 1/8000
 Faixa ISO 100 a 16.000
 Resolução máxima de vídeo 3840x2880
 Tamanho máximo da foto 9248x6944
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Propriedades da câmera térmica:

Imagem térmica Microbolômetro VOx não resfriado Flir Boson+
 Campo de visão diagonal 41°
 Comprimento focal 13,6 mm (equivalente a 60 mm)
 Abertura f/1.0
 Foco 5 m a ∞
 Sensibilidade Térmica < 30mK NEDT
 Precisão de medição de temperatura infravermelha: +- 5°C ou 5% (o maior)
 Processamento de imagem:
Pipeline de ISP acelerado por GPU Adreno 650
 Resolução máxima de vídeo 640x512
 Tamanho da foto 640x512
 Formato de foto JPEG, RJPEG
 Distância entre pixels 12 μ m
 Método de medição de temperatura:
 medidor pontual, medição de área
 Faixa de medição de temperatura: -40° a 150° C (-40° a 350° C baixo ganho)
 Paleta: branco quente, preto quente, arco de ferro, arco-íris
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

A capacidade das luzes dos sensores da aeronave é de 1000 lúmens, com um pico de 2800 (SKYDIO, 2023).

Sobre os sistemas de visão e câmeras de navegação da RPA:

Câmeras 6x em configuração trinocular superior e inferior
 Sensor: Samsung CMOS colorido de 1/2,8" e 32 MP
 Sensibilidade à luz: Luz visível

Abertura f/1.8
Campo de visão diagonal 200°
Faixa de detecção de obstáculos 20 metros
Cobertura Ambiental Verdadeiro 360°
(SKYDIO, 2023b, p. 1)

Propriedades da bateria de voo:

Capacidade 8.419 mAh
Tensão 18,55 V
Tipo de bateria: Polímero de íon de lítio recarregável
Energia 156,17 Wh
Peso líquido 1,56 libras +/- 0,003 libras
Faixa de temperatura operacional -20 °C a 60 °C
Amplitude Térmica de armazenamento -20 °C a +45 °C
(armazenamento inferior a 3 meses)
Faixa de temperatura de carregamento 5 °C a 45 °C
Sistema Químico: Polímero de íon de lítio
(SKYDIO, 2023b, p. 1)

Sobre o sistema de conexão de internet:

Frequência de operação
Conexão SL: 2400 - 2483,5 MHz, 5150 - 5850 MHz
Conexão 5G: 600 MHz - 4400 MHz
Potência do Transmissor (EIRP)
Conexão SL: 34,7 dBm (2,4 GHz)
Conexão SL: 35,9 dBm (5 GHz)
Conexão 5G: 20 dBm
Configuração da Antena
Conexão SL: 2Tx, 4Rx
(SKYDIO, 2023b, p. 1)

Especificações do sistema de segurança de dados:

Criptografia sem fio
Conexão SL: AES-256
Conexão 5G: AES-128
Conformidade com a NDAA: Compatível com NDAA
Raiz da Confiança: Chaves protegidas por HSM
Integridade do sistema: Modo de segurança
Atualização segura: AES-256 criptografado, assinado e verificado
Armazenamento em disco interno: Criptografado
Cartões SD: Não criptografado
Emparelhamento: Emparelhamento seguro com fio
(SKYDIO, 2023b, p. 1)

Por fim, características do carregador duplo:

Dimensões 180x75x48 mm
 Peso (sem bateria) 0,73 libras
 Tempo de carga 230 W:
 1 hora (0 - 100%), 35 minutos (20 - 90%)
 Tempo de carga 100 W:
 1 hora e 45 minutos (0 - 100%), 1 hora e 10 minutos (20 - 90%)
 Impermeabilização: Sem proteção de entrada
 (SKYDIO, 2023b, p. 1)

Skydio 2+

As especificações gerais do robô são as seguintes:

Tamanho com bateria (antenas levantadas)
 229 x 274 x 126 mm (comprimento x largura x altura)
 Tamanho com bateria (antenas abaixadas)
 229 x 274 x 76 mm (comprimento x largura x altura)
 Tamanho sem bateria (antenas levantadas)
 229 x 274 x 101 mm (comprimento x largura x altura)
 Tamanho sem bateria (antenas abaixadas)
 229 x 274 x 51 mm (c x l x a)
 Tamanho do estojo rígido incluído
 297 x 255 x 65 mm (c x l x a) (na caixa cabem: *drone*, hélices sobressalentes, cabo de carregamento e 2 baterias ou 1 bateria e 1 adaptador de parede).
 Peso (com bateria): 800g
 Tempo de voo: 27 minutos
 Velocidade máxima de vôo (nível do mar, sem vento)
 36 mph (totalmente autônomo)
 Resistência máxima à velocidade do vento: 40 km/h
 Teto máximo de serviço (acima do nível do mar)
 Altitude máxima de 15.000 pés
 Altitude máxima de vôo (do dispositivo de controle) 1.640 pés
 Faixa de temperatura operacional: -5°C a 40°C
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

O sistema de câmera principal tem as seguintes características:

Tipo de sensor:
 Sony IMX577 1/2,3" 12,3MP CMOS
 Pixels ativos do sensor: 4056 (H) x 3040 (V)
 Abertura da lente f/2.8
 Distância focal da lente 20 mm (equivalente ao formato 35 mm)
 Profundidade de campo da lente 1m - ∞
 Velocidade do obturador eletrônico: 1 a 1/1920
 Faixa ISO: vídeo 100 - 3200 foto 100 - 3200
 Controle de exposição: -2,0, -1,5, -1,0, -0,5, 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0
 Processador de sinal de imagem Qualcomm QCS605
 GPU Adreno® 615
 CPU Kryo™ 300 octa-core de 64 bits
 DSP Hexágono™ 685, 2x HVX
 Resolução e modos

3840x2160 30 fps 3840x2160 60 fps 3840x2160 48 fps 3840x2160 24 fps 1920x1080 120 fps 1920x1080 60 fps 1920x1080 30 fps
 Taxa de bits 100Mbps
 Formato de vídeo: MPEG-4 (AVC/H.264, HEVC/H.265)
 Resolução 4056x3040 (12 MP)
 Formatos JPEG, DNG (RAW)
 Modos estáticos: Único, intervalo
 Faixa Dinâmica: 13 paradas
 Armazenamento:
 Cartão Micro SD removível Classe de velocidade UHS 3 / V30
 Faixa Mecânica de Estabilização:
 inclinação $\pm 124^\circ$, rotação $\pm 120^\circ$, guinada $\pm 12,5^\circ$
 Faixa controlável de movimentação: -90° a 45°
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Dados relacionados ao sistema de autonomia:

Processador Principal: SOC NVIDIA Tegra X2
 GPU NVIDIA Pascal™ de 256 núcleos
 CPU Dual-Core NVIDIA Denver 2 de 64 bits Quad-Core ARM®-A57 MPCore
 BATER LPDDR4 de 4 GB e 128 bits
 Cobertura para evitar obstáculos: Lentes olho de peixe omnidirecionais e acima/abaixo para visão de 360°
 Taxa de atualização do modelo mundial 3D:
 > 1 milhão de pontos por segundo
 Taxa mundial de atualização do modelo para ação:
 500 iterações por segundo
 IA a bordo: 9 redes profundas personalizadas usadas em voo
 Tipos selecionáveis pelo usuário para rastreamento:
 Pessoas e veículos motorizados
 Rastreamento e identificação de objetos:
 Até 10 objetos de interesse simultâneos
 Calibração on-line automatizada de parâmetros de lente, rotações de câmera, velocidade do vento e densidade do ar
 Habilidades Cinematográficas:
 Pista de Movimento (em relação ao movimento do objeto), Pista Fixa (em relação à orientação absoluta), *One Shots* (*dronie*, foguete, bumerangue e vórtice) Câmera de cabo (passagem única, *looping* ou pista)
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Especificações do sistema de câmeras para navegação:

Configuração:
 Câmeras 6x em configuração trinocular superior e inferior
 Tipo de sensor: CMOS colorido Sony 1/3" 4K
 Abertura da lente f/1.8
 Campo de visão 200°
 Cobertura Ambiental: 360°
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Propriedades do sistema *Wireless* e do GPS:

Alcance do telefone (linha de visão, condições ideais): 200 m
 Alcance do farol (linha de visão, condições ideais): 3km
 Alcance do controle (linha de visão, condições ideais): 6km
 Frequências operacionais: 5,18 - 5,24 GHz 5,725 - 5,85 GHz
 Largura do canal (Wifi padrão): 20 e 40 MHz
 Largura do canal (Skydio Link™): 5 e 10 MHz
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Características gerais da bateria Skydio 2+:

Tamanho: 64,5 x 121,6 x 38,8 mm (c x l x a)
 Tipo: polímero de íon de lítio
 Configuração: 3s1p
 Capacidade Energética: 5410mAh, 59,89Wh
 Voltagem nominal: 11,07 VCC
 Peso: 300g
 Tensão máxima de carregamento: 13,05 V
 Faixa de temperatura operacional: -5°C a 40°C
 Faixa de temperatura de carregamento: 0°C a 35°C
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Propriedades gerais do farol Skydio 2+:

Tamanho: 43x129x19,5mm
 Peso: 91,5g
 Capacidade de carga: 1460mAh 3,8V
 Vida útil da bateria (ativa): 3 horas
 Portas USB: USB-C (carga e dados)
 Faixa de temperatura operacional: -5°C a 40°C
 Opções de controle:
 Arraste e solte o posicionamento, ajustar o azimute do rastreamento, ajustar o alcance do rastreamento, ajustar a elevação, iniciar *one shot stop* e pairar
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Propriedades do sistema *Wireless* e do GPS (próprias do farol):

Alcance (linha de visão, condições ideais): 3km
 Frequências operacionais:
 2,4 - 2,483 GHz; 5,18 - 5,24 GHz; 5,725 - 5,85 GHz
 Largura do canal (Wifi padrão): 20, 40 e 80 MHz
 Largura do canal (Skydio Link™): 5 e 10 MHz
 Constelações de satélites GPS: GPS e GLONASS
 (SKYDIO, 2023c, p. 1)

Propriedades gerais do controle:

Tamanho Dobrado:
94 x 153 x 71 mm (comprimento x largura x altura)
Tamanho desdobrado:
153 x 153 x 117 mm (comprimento x largura x altura)
Peso 386 gramas
Faixa de temperatura operacional: -5°C a 40°C
Resolução de transmissão ao vivo: Alta definição 720p
Dispositivos móveis compatíveis com iOS e Android:
Tamanho de tela iOS e Android de até 6"; e tablets com adaptador
opcional
Vida útil da bateria: 2h30min. (Android) 5h30min. (iOS)
Capacidade de carga: 2500mAh 3,6V
Portas USB: USB-C (carga e dados)
Design e fabricação: Parrot SA
(SKYDIO, 2023c, p. 1)

Finalmente, propriedades do sistema *Wireless* e do GPS (próprias do controle):

Alcance (linha de visão, condições ideais): 6km
Frequências operacionais:
2,4 - 2,483 GHz; 5,18 - 5,24 GHz; 5,725 - 5,85 GHz
Largura do canal (Wifi padrão): 20, 40 e 80 MHz
Largura do canal (Skydio Link™): 5 e 10 MHz
Constelações de satélites GPS: GPS e GLONASS
(SKYDIO, 2023c, p. 1)