

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**

Rafael Kenji Obana

TRANSPORTE POR DRONES

**ILHA SOLTEIRA
2023**

Rafael Kenji Obana

TRANSPORTE POR DRONES

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de engenharia civil da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de engenheiro civil.

Orientadora: Prof^a Dra. Luzenira Alves Brasileiro

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O12t Obana, Rafael Kenji.
Transporte por drones / Rafael Kenji Obana. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
50 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Luzenira Alves Brasileiro

Inclui bibliografia

1. Drones. 2. Transporte. 3. Veículos.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Serviço
Serviço Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Bibliotecas e Documentação
CRB/8 - 9999

Aluno: **RAFAEL KENJI OBANA**

Título: **TRANSPORTE POR DRONES**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA



Profª. Drª. Luzenira Alves Brasileiro

UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientadora)



MsC. Rodrigo Andraus Bispo

UNESP – Campus de Ilha Solteira



MsC. Sherington Augusto Milani Bigotto

UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

27/07/2023

RESUMO

A promessa de outros meios de logísticas de materiais está crescendo ainda mais ao decorrer da evolução da tecnologia atual. A utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou drones, mais popularmente conhecido, está acompanhando esse crescimento de modal para transporte de cargas. Sendo, assim, relacionados as vantagens que este tipo de transporte pode apresentar em comparação ao modelo tradicional utilizado hoje em dia, como transporte por caminhões, trens e carros. Um dos principais exemplos da utilização deste tipo de transporte é o sistema que a Amazon vem introduzindo ao utilizar drones para efetivar suas entregas de encomendas chamado de Amazon Prime Air. Ou seja, esta pesquisa objetiva realizar uma revisão sistemática sobre o uso de VANTs no transporte de cargas.

Palavras-chave: drones; transporte; veículos.

ABSTRACT

The promise of other means of material logistics is growing even more as current technology evolves. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones, more popularly known, is accompanying this growth in cargo transport modes. Thus, relating the advantages that this type of transport can present compared to the traditional model used today, such as transport by trucks, trains and cars. One of the main examples of the use of this type of transport is the system that Amazon has been introducing when using drones to deliver orders called Amazon Prime Air. That is, this research aims to carry out a systematic review on the use of UAVs in cargo transport.

Keywords: drones; transport; vehicles.

LISTA DE ABREVIATURAS

AGL	Acima do Nível do Solo
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
PMD	Peso Máximo de Decolagem
RPA	Remotely Piloted Aircraft
SARPAS	Sistema de Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAS
SIS	Sistema de Integração e Segurança
SISANT	Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
VANT	Veículo Autônomo Não Tripulado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação RPA.....	11
Figura 2 - Drone de Asa Fixa	13
Figura 3 - Drone de Asa Rotativa.....	14
Figura 4 - Drone Híbrido	15
Figura 5 - Drone Dirigível	16
Figura 6 - Drone Ornitóptero	17
Figura 7 – Ilustração do uso de balões não tripulados pela Áustria, 1849	18
Figura 8 – Foto do Kettering Bug 1918	19
Figura 9 – Foto De Havilland`s Queen Be.....	19
Figura 10 – Foto Radioplane OQ-3 1940	20
Figura 11 – Foto Kaman HTK-1 1957	21
Figura 12 – Foto Gyrodyne QH-50	22
Figura 13 – Foto Boeing YQM-94A Compass Cope B	23
Figura 14 – Foto General Atomics Aeronautical Systems Predator	24
Figura 15 - Operações Visuais	28
Figura 16 - Distâncias mínimas de segurança, segundo a ANAC.....	31
Figura 17 - Sobrevoos de drone próximos às pessoas.....	32
Figura 18 - Transporte de Artigos Perigosos.....	32
Figura 19 - Atenção aos voos de RPA próximos a aeródromos e helipontos.....	34
Figura 20 - Cadastro no sistema SIS da ANATEL.....	36
Figura 21 - Cadastro no sistema SARPAS do DECEA	37
Figura 22 - Cadastro no sistema SISANT da ANAC	38
Figura 23 - Cadastro no sistema SISANT da ANAC Continuação	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos Tipos de drones, Longhitano 2010	12
Tabela 2 - Resumo dos parâmetros	34
Tabela 3 - Operação com aeromodelo em área próxima de heliponto.....	34
Tabela 4 - Resumo das exigências de cada classe	41
Tabela 5 - Requisitos das aeronaves não tripuladas quanto a classificação, ICA100/40-2015	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Conceitos e características dos drones	10
3.1.1 Classificação	10
3.1.2 Principais Tipos	12
3.1.3 História dos Drones	17
3.1.4 Drones no transporte de carga	24
3.2 Legislação	27
3.2.1 Definições básicas	27
3.2.2. Regulamentações	28
4 METODOLOGIA	43
5 RESULTADOS E DISCUÇÃO	44
5.1 Vantagens	44
5.2 Desvantagens	44
5.3 Proposta	45
5.3.1 Planejamento/Viabilidade	45
5.3.2 Segurança	46
5.3.3 Execução	46
6. CONCLUSÃO	47
7. REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A priori, a utilização de drones se iniciou em uma finalidade militar. Contudo, com o aperfeiçoamento da tecnologia e redução de preço, o estudo em relação a utilização de VANTs em áreas como engenharia, agricultura e logística vem aumentando com o passar do tempo e estudos. Com o sistema pioneiro que a Amazon realizou na utilização de drones, podemos ver que cada vez mais a importância de novos tipos de modais podem ser revolucionários na logística de entrega de mercadorias por facilitar tanto em questão de tempo quanto na questão monetária no seu uso.

Nesse novo cenário, veículos tradicionais de entrega podem não serem mais considerados eficientes, pois o custo logístico em relação a capacidade de carga pelo consumo de bastante combustível é muito elevado. Um novo veículo com menor capacidade e menor custo de deslocamento pode fazer com que o custo de transporte seja reduzido. Podemos dizer que podem ser de fato mais ecológico.

Empresas de logística como a Amazon estão testando a utilização de VANTs para entrega de pequenos pacotes em áreas urbanas e rurais, pois apresenta benefícios como a redução de custos, redução de tempo e de mobilidade em locais que apresentam difícil acesso para a realização de um transporte convencional.

Porem uma das principais dificuldades na implantação de drones está relacionado às normas de regulamentação nacionais devido a necessidade de regras específicas para a utilização desses equipamentos de uma forma segura, outro fator é a quantidade de carga suportada no transporte por estes drones.

2 OBJETIVO

Objetivo Geral:

Busca-se verificar o potencial do VANT, o impacto causado ao ser utilizado para o transporte e os benefícios e obstáculos trazidos pela tecnologia, servindo como fonte de inspiração para aplicações futuras na construção civil a partir das experiências, ainda incipientes, na realização de movimentação de produtos.

O objetivo específico é:

- Apresentar através de análises, que os drones são ou não mais vantajosos no transporte de cargas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Conceitos e características dos drones

Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), em definição oficial intitulado de ICA100-40/2015, uma aeronave é:

“Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra. Aquelas que se pretenda operar sem piloto a bordo são chamadas de aeronaves não tripuladas e, dentre as não tripuladas, aquelas que são pilotadas por meio de uma Estação de Pilotagem Remota (RPS) são Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA).”

Com esta definição, podemos ter grandes variedades e equipamentos que podem se enquadrar nessas especificações. Podemos então assim segundo próprio DECEA ter que a definição de VANT é:

VANT, Veículo Aéreo Não Tripulado (tradução do termo UAV – Unmanned Aerial Vehicle), é o termo utilizado para se referir a todo e qualquer equipamento que acesse o espaço aéreo em que não há a presença de um ser humano a bordo. O termo VANT é considerado obsoleto pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) como podemos observar na documentação Doc 10019, Manual On RPAS, da OACI. (DECEA, 2018, p.4)

E para o termo RPA significa:

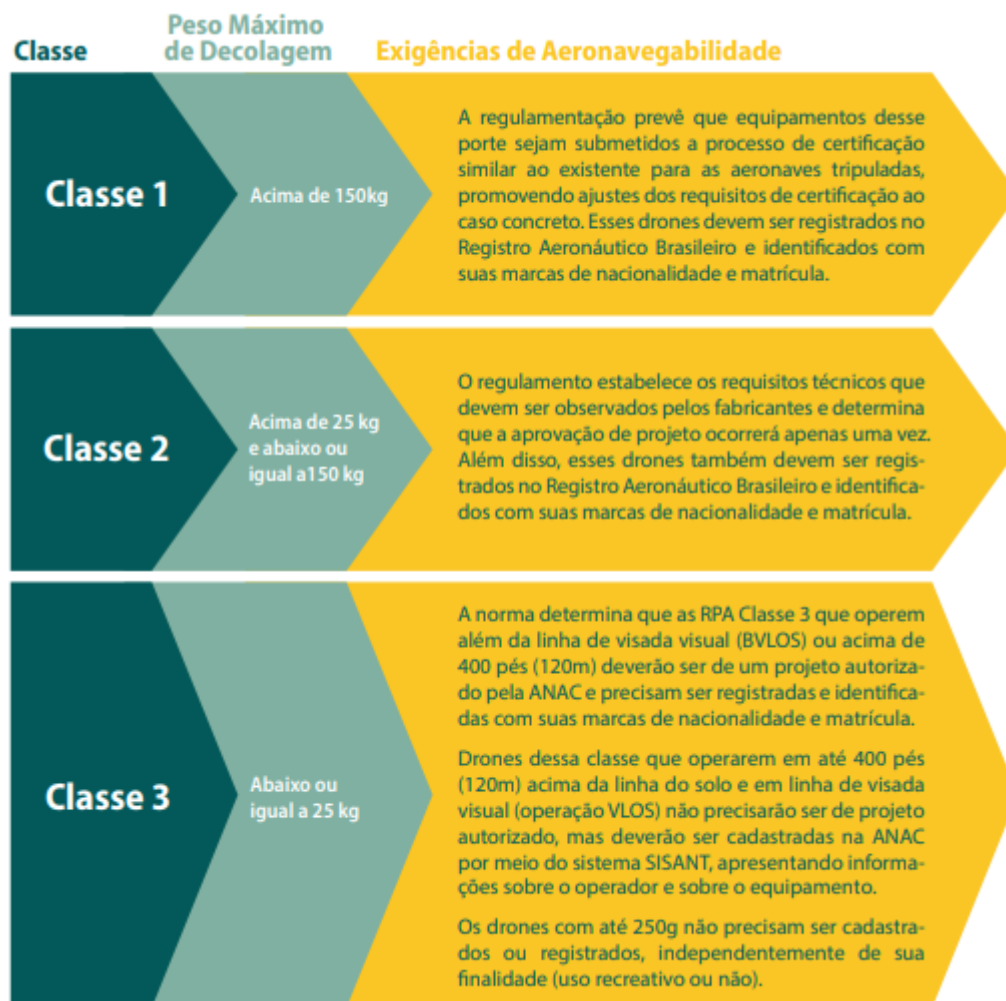
“RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) é o termo técnico e padronizado internacionalmente pela OACI para se referir aos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas utilizadas com propósitos não recreativos.” (DECEA, 2018).

Por fim o nome Drone amplamente utilizado no Brasil e no exterior é apenas um nome genérico; em tradução para o português significa zangão, que é o nome dado à abelha macho de diversas espécies. Tem sido difundida a palavra drone para caracterizar qualquer objeto voador não tripulado, de qualquer origem, característica ou propósito. Portanto, drone é um termo genérico, sem amparo técnico ou legalmente definido (MATSCHULAT, 2016 apud INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2015).

3.1.1 Classificação

Para a classificação dos modelos não recreativos de drones, os RPA, a ANAC divide entre três classes distintas como exemplificado na figura abaixo:

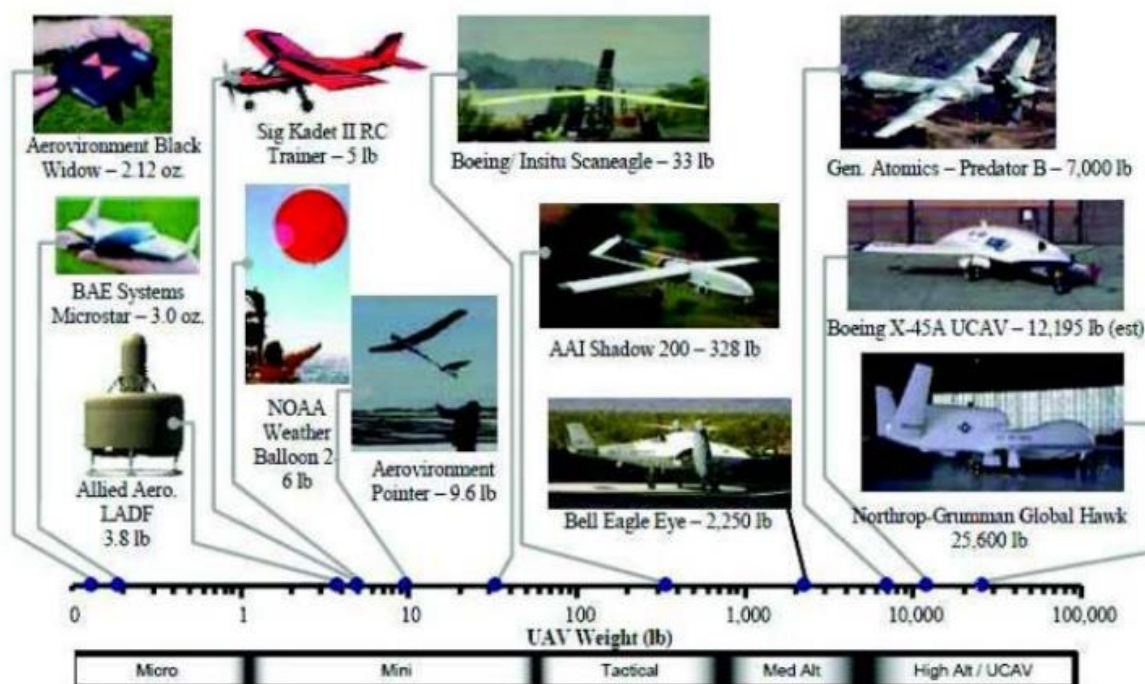
Figura 1 - Classificação RPA



Fonte: ANAC.

Além da classificação utilizada pela ANAC, há uma classificação amplamente utilizada como visto em Longhitano (2010), em que se baseia nas variáveis do peso dos VANTs, alcance, altura de voo e autonomia. Representado assim na tabela abaixo onde se diferenciam entre Micro, Mini, Curto Alcance, Médio Alcance, Alta Altitude e Longa Autonomia.

Tabela 1 - Classificação dos Tipos de drones, Longhitano 2010



Fonte: Contreras et al., 2011

3.1.2 Principais Tipos

Segundo o DECEA, os principais tipos de drones que temos são: Asas Fixas, Asas Rotativas, Dirigíveis e Ornitópteros.

Segundo a PwC (2016) os Drones de Asa-Fixa são mais parecidos com os aviões, por terem asas, nas quais são capazes de conseguir voos com altas velocidades e com maiores tempos de duração. São capazes de carregar maiores payloads, por grandes distâncias utilizando uma pequena quantia de energia. Precisam de pistas de pouso e decolagem e necessitam estar em constante movimento, tornando-os inadequados para operações em pequenos locais e em operações de inspeção/vigilância. Abaixo figura-se um exemplo de um drone de asa fixa:

Figura 2 - Drone de Asa Fixa



Fonte: Drone Visual (2023)

Os drones de asas rotativas apresentam outras variações conforme o número de hélices instaladas no qual segundo PwC (2016) são capazes de pairar em uma posição fixa e de voar em qualquer direção, sendo possível de conseguir manobras de forma mais dinâmicas e com maior eficácia se comparado ao VANT de asa-fixa. Têm ainda o benefício de conseguirem decolar verticalmente, não tendo a necessária utilização de uma rampa ou pista de decolagem. Possuem uma velocidade e tempo de voo menor ao se comparados aos demais tipos de drones existentes. A Figura abaixo ilustra um modelo do tipo de asas rotativas:

Figura 3 - Drone de Asa Rotativa



Fonte: Blogs Autodesk

Podemos ter também a junção dos dois tipos acima apresentados sendo assim chamado de modelo híbrido no qual explica PwC (2016) em que possui o atributo de ambos os modelos, podendo assim pairar no ar em certos momentos e, em outros, de atingir grandes velocidades ao utilizar suas asas. Podendo realizar grandes percurso e sendo capaz de decolar e aterrissar verticalmente. Tendo poucos modelos atualmente, contudo estão estudando e analisando este tipo de veículo como sendo um dos melhores no do tipo de entrega de mercadorias.

Figura 4 - Drone Híbrido



Fonte: SkyDrones.

O drone dirigível, no qual foi desenvolvido pela Força Aérea Americana (USAF), no qual seu intuito era localizar e interceptar mísseis inimigos. Utilizados amplamente na Segunda Guerra Mundial. No geral os dirigíveis são mais leves que o ar e realizam voos de grandes durações, voam em velocidade baixa e geralmente são de grandes tamanhos. Abaixo uma figura de exemplo deste tipo de drone:

Figura 5 - Drone Dirigível



Fonte: Popular Science e CNN.

Por fim, os drones ornitópteros ou VANTs de asa batidora são drones construídos esteticamente inspirados em formas de animais da natureza como pássaros e insetos, especialmente aqueles voadores (ANGELOV, 2012). Segundo (ROCHA, 2015), os drones ornitópteros, vem sendo aprimorados pela nanotecnologia, no qual está sendo muito empregados pelas forças militares para fins de espionagem. Na atividade comercial, esses drones estão disponíveis para fins de lazer. Abaixo temos um modelo deste tipo de VANT:

Figura 6 - Drone Ornitóptero



Fonte: Universidade Beihang.

3.1.3 História dos Drones

É importante ter o conhecimento da evolução que este tipo de tecnologia se deu através da história para assim termos um maior esclarecimento do que podemos difundir o drone na questão atual tendo em vista seus melhores benefícios.

Podemos conferir, segundo as informações do artigo History of Drones, 2016 (TIME TOAST), os diferentes momentos de evolução desta tecnologia:

Podemos dizer que um dos exemplos mais antigos da utilização dos drones foi no ano de 1849, no qual acontecia o período da guerra entre Itália e Áustria. Os austríacos mandaram balões não tripulados, em que haviam explosivos, à cidade de Veneza na Itália. Mesmo que alguns desses balões tenham atingido, com sucesso, o alvo previamente mirado, muitos dos balões foram arrastados pelo vento para outras localidades não previstas, tendo assim causado grandes danos indesejados, inclusive aos próprios Austríacos.

O sistema usado nessa missão se relacionava a de um arranjo eletromagnético, no qual era bastante complicado para a época se aparentando à característica da

tecnologia baseada em drones atual, ou seja, de um extraordinário avanço tecnológico para o seu tempo.

Figura 7 – Ilustração do uso de balões não tripulados pela Áustria, 1849



Em 1918 na Primeira Guerra Mundial, temos outro aparecimento da utilização dos drones sendo que, era chamado de Kettering Bug, mas apelidado de The Bug (o inseto, em tradução literal), é considerado como um precursor dos mísseis atuais, no qual foi projetado com a ajuda dos irmãos Wright. O sistema se fundamentava em um voo pré-programado, guiado por um giroscópio. Ao chegar em um determinado número de rotações do motor, o drone era desligado, as asas se desacoplavam e o torpedo era assim lançado ao alvo com explosivos.

Contudo o Kettering Bug não foi utilizado em combate, pois teve um desenvolvimento demorado e tardio para seu uso.

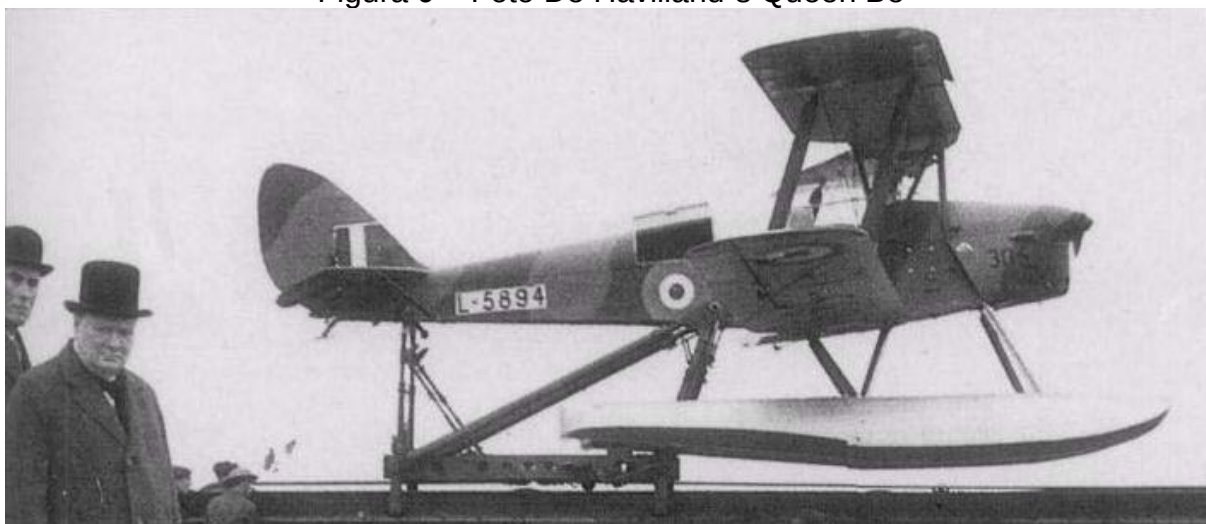
Figura 8 – Foto do Kettering Bug 1918



Fonte: Aero Telemetry.

Em 1935 foi desenvolvido a *De Havilland's DH82B Queen Be*, pode se dizer que esse VANT seja a origem da palavra "Drone". O dispositivo era controlado via rádio, essa aeronave tinha como propósito para funcionar como instrumento de proteção contra aeronaves inimigas.

Figura 9 – Foto De Havilland's Queen Be



Fonte: Drones War.

Seguindo para o ano de 1940, foi construída o drone Radioplane OQ-3, seu sistema era controlado por via rádio e não tripulada, esse VANT tem sua relevância por ser considerado o primeiro drone a ser fabricado em escala nos Estados Unidos, se tornando, assim, a aeronave de combate aéreo mais fabricada para a Segunda Guerra Mundial (em um total de 4.200 aeronaves fabricadas).

Figura 10 – Foto Radioplane OQ-3 1940



Fonte: Designation Systems.

Um marco para os drones atuais foi realizado em 1957, com o VANT Kaman HTK-1 sendo o primeiro helicóptero projetado com finalidade de ser controlado de forma remota, no qual era uma modificação de um modelo anteriormente existente. Além de não ser tripulado, contava com pouso e decolagem vertical, em que identifica a posição atual de drones. Este helicóptero não tripulado foi usado para resgates em regiões onde tinha uma grande dificuldade de acesso.

Figura 11 – Foto Kaman HTK-1 1957



Fonte: Armyaviation Magazine.

Prosseguindo para 1959 temos a produção do Gyrodyne QH-50, consistindo em um helicóptero, construído com finalidade de utilização em guerra como defesa antissubmarino. Resumia-se a um helicóptero não-tripulado de pequenas dimensões, no qual era aplicado em navios antigos de guerra, em que o heliporto era pequeno.

Figura 12 – Foto Gyrodyne QH-50



Fonte: Luminati VTOL.

Produzida pela Boeing em 1974 temos o Boeing YQM-94A Compass Cope B. Sendo fabricada em um momento de enfraquecimento econômico na área pelos altos custos e insucesso vindos dos programas militares no desenvolvimento de VANTs. Esta aeronave foi projetada para se manter no voo em modo de reconhecimento por até 24 horas seguidas. No mais, conseguia decolar em rodovias.

Figura 13 – Foto Boeing YQM-94A Compass Cope B



Fonte: Boeing Images.

Por fim temos o General Atomics Aeronautical Systems Predator, produzido no ano de 1994. Consistia em uma aeronave de combate e tendo sido projetada para ter um total de 14 horas seguidos de voo. É o drone que foi mais aplicado em guerras até os dias atuais. Tendo um sistema de operações em solo bem avançado e como conexão via satélite para seu controle. Sendo empregado na esfera civil, para vigilância, estudos científicos de clima, dentro outros.

Figura 14 – Foto General Atomics Aeronautical Systems Predator



Fonte: General Atomics.

Segundo SHAW, 2014, como tendo a uma base histórica, dos drones, fundamentadas para aplicação na esfera militar no último século, é fácil conciliar que a população ligue a utilização de VANTs a procedimentos militares de vigilância ou ataque. Além de ter notícias relacionadas em jornais no qual comenta mortes provocadas por ataque de drones tem colaborado para uma visão contrária a respeito da utilização dos drones.

Para SILVA, 2014, depois do ano de 2000, houve uma maior utilização dos drones em tarefas não militares. Por se tornar mais disponíveis, auxiliando a pratica de operações variáveis tipos, em que as empresas conseguiam os usassem, como mapeamento, vigilância, fotos aéreas, agricultura, delivery, etc.

Os drones estão em constante evolução, estando em ascensão nos desenvolvimentos de Startups especializadas e algumas empresas de entrega, contudo essa tecnologia ainda se tem muitos obstáculos governamentais.

3.1.4 Drones no transporte de carga

Com o desenvolvimento tecnológico dos drones, começaram a gerar um avanço no seu uso em setores do transporte, como relatado pelo PwC, 2016. Contudo o mercado ainda fica hesitante pela questão da viabilidade desta tecnologia, contudo podemos ver algumas empresas já começando a fazer o uso de VANTs para entrega, desde de pacotes de e-commerce, transporte de medicamentos até gestão de frotas.

A indústria de transporte e logística começara a se utilizar drones como parte principal de seus processos segundo PwC (2016), pela questão da sua velocidade, acessibilidade e menores custos ao comparado com a dinâmica de transporte atual.

Um exemplo da utilização dos drones para o transporte foi feita pela Amazon em dezembro de 2013, onde foi divulgado um sistema chamado Amazon Prime Air, em que se consistia em um método de entrega de produtos com a utilização de drones, fazendo assim uma entrega da mercadoria comprado pela internet em até 30 minutos. Segundo Bezos (2013) apud Bamburly (2015), o que é preocupante é a baixa capacidade para o carregamento de cargas dos VANTs.

Contudo segundo D'andrea (2014), a utilização dos drones para transporte é considerado viável. Pois o seu custo operacional ligado ao VANT é de 10 centavos de dólar para 2 kg de carga e 20 km de alcance, ou seja, 10 km para ir e 10 km para voltar. Se as empresas quiserem competir na área da logística de transporte e entrega de produtos, os drones devem fazer parte das discussões das futuras tendências mundiais, isso segundo professor de direito especialista em robótica e drones Ryan Calo, 2013.

O principal ponto de dificuldade na difusão da utilização dos drones é a sua regulamentação. Em locais urbanos, por exemplo, ainda existem muitas restrições para seu uso, sendo este o principal obstáculo a ser superado.

Outra aplicação do uso de drones na área de transporte é o monitoramento das condições ambientais do entorno das rodovias, monitoramento de acidentes e resgate, mapeamento, inspeção de segurança e monitoramento de estruturas e pavimentos (PURI, 2005; KARAN et al., 2014).

Estudos feitos por Themistocleous et al. (2014) e Zhang (2008), para as aplicações dos drones em monitoramento, mostram o uso dessa tecnologia para averiguação da qualidade e condições de pavimentos e de rodovias não pavimentadas. Os estudos ressaltam que o método usado para esses tipos de avaliação tem seu fundamento principalmente em observações visuais de campo, sem uma avaliação aprofundada da severidade dos danos. Zhang (2008) afirma que o VANT, por sua vez, é capaz de coletar imagens com excelente resolução, a baixo custo, de maneira mais rápida e segura, oferecendo detalhamento suficiente para identificar e extrair parâmetros para avaliação de rodovias não pavimentadas, além de posteriores geração de ortoimagens e avaliação e medição automatizada das

patologias, através do desenvolvimento de algoritmos e modelagens 3D da superfície da rodovia. Já Themistocleous et al. (2014) apresentam em seu estudo a integração entre tecnologias de sensoriamento remoto não-destrutivas e não-invasivas, como diferentes radares e sensores associados a um VANT, utilizadas para obter informações sobre danos presentes na superfície e sub-superfície de pavimentos rodoviários, incluindo rachaduras e falhas profundas.

3.2 Legislação

Uma vez que a implementação dos VANTs no transporte de carga é vinculada as legislações vigentes, será apresentada a situação legal dos drones visto que a legislação em muitos casos está atrasada quanto referentes as novas evoluções tecnológicas que estão sendo agregadas aos drones.

3.2.1 Definições básicas

Segundo o RBAC-E nº94 (2017, p. 04), com o objetivo de esclarecimento ao assunto referido, estão mencionados abaixo alguns termos comuns. Destacando ainda que a ICA (Instrução do Comando da Aeronáutica) nº 100-40 do DECEA também complementa algumas definições técnicas. Essas definições básicas são:

- Aeronave não tripulada automática: Aeronave não tripulada, a qual possibilita a ação do piloto;
- Aeronave não tripulada autônoma: Aeronave não tripulada, a qual não possibilita a interferência do piloto;
- Aeronave Remotamente Pilotada (RPA): Trata-se de um drone, cuja finalidade é não recreativa, ou seja, é uma aeronave não tripulada e conduzida remotamente por meio de uma estação de pilotagem remota;
- Aeromodelo: Tipo de drone, cuja ocupação é especificamente recreativa, ou seja, é uma aeronave não tripulada e conduzida remotamente por meio de uma estação de pilotagem remota;
- Piloto remoto: É o indivíduo que conduz os controles de voo da RPA ou Aeromodelo;
- Estação RPS (*Remote Pilot Station*): Estação de pilotagem remota, ou seja, é o componente da aeronave não tripulada, em que possui os dispositivos necessários para a efetivação dessa pilotagem;
- *Enlace* de Pilotagem e controle: Atua de modo a proporcionar a pilotagem por meio de um elo entre o RPA e o RPS. Portanto o *Enlace* é dividido em *uplink* e *downlink*, sendo assim, as frequências desses deverão estar de acordo com as regras da ANATEL.
- Observador de RPA: Indivíduo que ajuda o piloto remoto a efetivar a condução segura do voo através de contato visual direto com a aeronave;

- Operação Remotamente Pilotada: Operação normal do RPA por meio da condução do piloto remoto durante todas as fases de voo. Em operação de emergência, exemplo, falha do *enlace* de comando e controle, o voo autônomo é permitido, contudo sem deixar de haver a presença do piloto remoto durante a falha;
- Operação Autônoma: Operação da aeronave sem a intervenção do piloto remoto durante o voo ou parte dele;
- Operação VLOS (*Visual Line of Sight*): Operação em linha de visada visual, ou seja, estando as condições meteorológicas visuais (VMC), o piloto remoto é apropriado de conduzir a aeronave através de contato visual e sem ajuda de lentes ou equipamentos, sem o auxílio do observador de RPA, mantendo a divisão entre outras aeronaves e evitando acidentes com obstáculos ou outras aeronaves;
- Operação EVLOS (*Extended Visual Line of Sight*): Operação em linha de visada visual estendida, ou seja, estando as condições meteorológicas visuais (VMC), o piloto remoto é impossibilitado de pilotar a aeronave através de contato visual sem auxílio de lentes ou equipamentos, logo, precisa de apoio do observador de RPA a fim de manter a divisão entre outras aeronaves e evitar acidentes com obstáculos ou outras aeronaves; e
- Operação BVLOS (*Beyond Visual Line of Sight*): Operação além da linha de visada visual, ou seja, quando não atende às condições VLOS ou EVLOS.

Figura 15 - Operações Visuais



Fonte: ANAC.

3.2.2. Regulamentações

Os órgãos reguladores brasileiros são: ANAC, no qual visa a regulamentação a Aviação Civil no Brasil; DECEA, encarregado pela administração e por regular a

utilização no espaço aéreo brasileiro; e a ANATEL, responsável pela orientação em relação as radiofrequências no Brasil.

Os indispensáveis regulamentos relacionados aos drones recreativos e não recreativos são mostrados por meio da Portaria 207/DAC de 1999, RBAC-E nº 94 da ANAC, Lei 7.565/86 - Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), circulares de informações aeronáuticas do DECEA, informativos *web* da ANAC e DECEA e por último orientações específicas de radiofrequência junto à ANATEL.

Como os drones autônomos não tem suas operações regulamentadas, os mesmos não possuem a autorização para voar (DECEA, 2018, AIC nº17, item 3.1.6). Por isso esses VANTs autônomos e seus procedimentos somente serão citados.

Como o presente trabalho visa a entender certos procedimentos com o uso de drones não recreativos, para a regulamentação de drones veremos somente este citado com intuito de melhor aproveitamento das informações e maior clareza e objetivo.

3.2.2.1 Regulamentações dos Drones Não Recreativos

O RBAC-E nº 94 da ANAC (2017) refere-se aos requisitos gerais para aeronave não tripulada de utilização civil, portanto esse documento funciona como um regulador da aviação civil especial no qual tem se o foco nas questões técnicas e operacionais relacionadas à segurança da aviação civil no Brasil. Este regulamento se integra com outro sistema regulador em um contexto maior relacionado entre a segurança da aviação civil e aeronaves não tripuladas em meio aos outros contribuintes da administração pública, como: Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), o Ministério da Defesa, dentre outros. Abaixo estão os princípios fundamentados no RBAC-E nº94 da ANAC no qual apresentam as observações mais pertinentes das regulamentações aeronáuticas recorrentes aos drones não recreativos.

Para a pilotagem remota, no qual é feita por um piloto, que manuseia sua aeronave não tripulada de modo remoto, assim considerado o responsável pela pilotagem segura da aeronave, por assim tem total responsabilidade dos resultados da operação. É importante salientar que somente um único piloto pode manusear um RPA por vez sendo que o mesmo é representado como autoridade final durante a operação da aeronave. Para ser um piloto remoto deve-se enquadrar nos seguintes

requisitos: ter mais de 18 anos; para os pilotos de Classe 1 ou 2, são obrigados a terem o CMA (Certificado Médico Aeronáutico) de 1ª, 2ª ou 5ª classe válido conforme RBAC nº67 ou CMA de 3ª classe válido segundo a ICA 63-15 do Comando da Aeronáutica, (RBAC-E nº 94, 2017, p. 06). Por último, é de referir que na RPS o piloto tem que acompanhar todas as fases de voo de seu RPA, porém é admissível a troca de piloto durante a pilotagem.

Em relação a aeronavegabilidade e ao certificado de aeronavegabilidade, o que comenta o RBAC-E nº94 (2017, p.06) diz que o piloto remoto deve fazer a verificação das condições de aeronavegabilidade, sejam elas mecânicas, elétricas ou estruturais. A ANAC (2017) complementa que para os dispositivos RPA de Classes 1 e 2 são obrigados a terem o certificado de aeronavegabilidade para conseguirem voar, porém os RPA de Classe 3 que atuem em até 400 AGL (Acima do Nível do Solo) não precisam desta certificação. O Código Brasileiro de Aeronáutica reafirma que nenhuma aeronave poderá voar sem possuir o certificado de aeronavegabilidade (CBA, 1986, Art. 114). Para melhor visualização são listados abaixo os tipos de certificados de aeronavegabilidade, ou seja, os Certificados de Tipo dos RPA de Classes 1 e 2 emitidos pela ANAC:

- (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; e
- (5) Certificado de Aeronavegabilidade padrão. (RBAC-E nº94, 2017, p. 26)

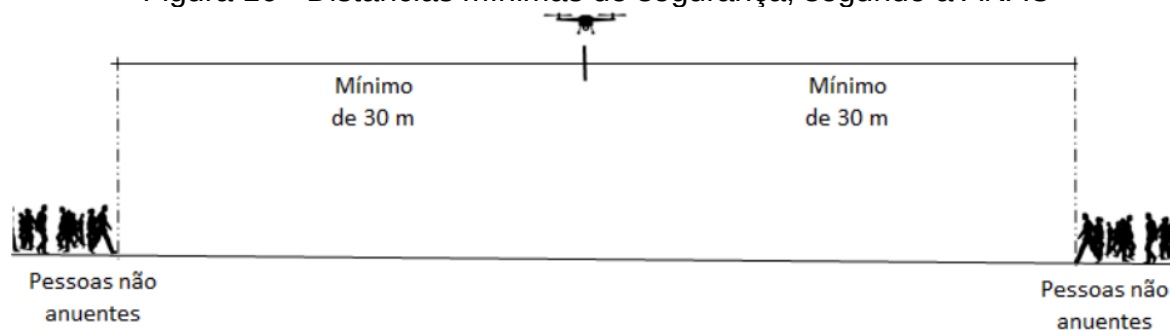
Em quanto a conservação, manutenção e possíveis alterações para a aeronavegabilidade a RBAC-E nº94 (2017, p.20) nos diz que é de total responsabilidade do proprietário ou operador do RPA, ou seja, o dono do drone, ao depender da classe, deve se ter em dia os critérios estabelecidos pela ANAC em seu equipamento. Além disso é de importância observar os critérios dos fabricantes quanto a manutenção do dispositivo.

As manutenções realizadas nos RPAs devem ter com uma total responsabilidade, pois caso haja comprovação da falta de manutenção na aeronave, a autoridade aeronáutica poderá cancelar o certificado de aeronavegabilidade. (Lei 7565, 1986, Art.70, § 3º).

O que diz sobre o distanciamento de terceiros quanto na execução do voo do RPA. De acordo com Informe ANAC (2017), as aeronaves com PMD maiores que 250 gramas precisam estar a uma distância mínima de 30 metros de terceiros, a não ser

que esses terceiros tenham concordado anteriormente com a operação deste RPA próxima a elas.

Figura 16 - Distâncias mínimas de segurança, segundo a ANAC



Fonte: ANAC.

O CBA reafirma essa informação quando retrata: “O explorador responde pelos danos a terceiros na superfície, causados, diretamente, por aeronave em voo, ou manobra, assim como por pessoa ou coisa dela caída ou projetada.” (CBA, 1986, Art.268).

Figura 17 - Sobrevoos de drone próximos às pessoas



Fonte: Polícia Militar do ES.

As proibições e regulamentos para o transporte de cargas para os RPA, segundo a ANAC é estritamente proibido o transporte de pessoas, animais, artigos perigosos ou cargas proibidas por autoridades competentes. Contudo não é proibido o transporte de artigos perigosos com finalidade de operação do próprio dispositivo a atividades agrícola, florestais, horticultura, deslizamentos de terra, controles de avalanche, de obstrução por gelo e de poluição.

Figura 18 - Transporte de Artigos Perigosos



Fonte: ANAC.

O CBA comenta sobre a responsabilidade no transporte de carga feito pelo drone, relata que no caso de atraso, destruição, perda ou avaria, a responsabilidade

e indenização da carga do transporte é do transportador, mas caso o transportador faça as devidas comprovações, ele se abstém da responsabilidade, seja caso o atraso tenha sido referente pela ação da autoridade aeronáutica de voo, ou caso avaria, perda ou destruição, se for confirmada que a procedência do problema foi resultado da natureza da mercadoria, vício da mercadoria, embalagem defeituosa, ato de guerra ou intervenção da autoridade pública vinculada à carga, o transportador também deixa de assumir essa responsabilidade (Lei 7565, 1986, Seção V).

Referente a documentação quanto a posse do RPA. Como exige a ANAC, se deve ter documentação ao se operar um RPA com PDM maior que 250 gramas. Porém outros órgãos regulamentares também exigem alguns documentos como a ANATEL e o DECEA. Seguindo a lista de documentos exigidos pela ANAC, no qual deve se portar durante toda a execução do voo.

- (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. (RBAC-E nº94, 2017, p. 07)

Sendo os locais de operação de RPA, deve se obedecer aos regulamentos aéreas de alturas e distancias quando se operacional dentro de regiões urbanas, rurais ou próximas de helipontos. Essas distancias estão dispostas na tabela a seguir segundo o DECEA (2018).

Tabela 2 - Resumo dos parâmetros

ÁREAS	LIMITE ALTURA	LIMITE DISTÂNCIA	LIMITE VELOCIDADE	DISTÂNCIA PESSOAS ANUENTES
Zona Urbana	40m	200m	40 Km/h	30m
Zona Rural	50m	500m	50 Km/h	90m
Locais Adequados	≤120m	Caixa de Voo	Não aplicável	Não Aplicável

Fonte: DECEA.

Tabela 3 - Operação com aeromodelo em área próxima de heliponto

ALTURA HELIPONTO	Até 600m	De 600m a 2000m	Além de 2000m
100m	NFZ	40m	40m
80m	NFZ	40m	40m
60m	NFZ	30m	40m
40m	NFZ	10m	40m
30m ou abaixo	NFZ	NFZ	40m

Fonte: DECEA.

Figura 19 - Atenção aos voos de RPA próximos a aeródromos e helipontos



Fonte: Policia Militar do ES.

Para as regras gerais de voo dos drones, temos segundo a ANAC que respeitar o regulamento especial RBAC-E nº94, que nos orienta comentando o que pode e o que não pode e as regras específicas dos RPA controlados pelos Órgãos de Segurança Pública no Brasil (RBAC-E nº94 (2017, p.09). Há algumas proibições gerais básicas como: pilotar de forma descuidada colocando em perigo vidas ou propriedades de terceiros; e operação autônoma.

Existem outras determinadas permissões gerais, como: Pilotar o RPA com PMD até 250 gramas contanto que em concordância com a liberação da utilização do espaço aéreo pelo DECEA, órgão este, central do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB); consciência do piloto quanto as suas responsabilidades ao longo da operação e as outras exigências dos regulamentos da ANAC e do DECEA e o uso em regiões distantes de terceiros como de acordo com um formato aceitável de avaliação de risco, a qual contempla cada cenário operacional e atualizado em um tempo de 12 meses calendários prévios à operação.

A ANAC exige para operadores de RPA das classes 1 e 2 o registro de voo realizado, sendo nos formatos aceitáveis para a agencia.

Referente a prioridade de voo, segundo a ICA 100-40 (2016), o voo de uma aeronave não tripulada não terá prioridade em cima das aeronaves tripuladas, aerovias, corredores visuais, circuitos de tráfegos entre outros.

Com exceção dos RPA que operem VLOS até 400ft AGL, os drones necessitam ter transponder para assim sustentar o nível de segurança operacional na pratica aérea (DECEA, 2017, ICA 100-37). No mais os RPA com PMD maiores de 25 Kg tem que ter o seu Plano de Voo (DECEA, 2017, ICA 100-11). Por último, o DECEA (2017) ressalta que o comprometimento pela salvaguarda dos equipamentos da aeronave em solo ou no ar é do piloto da RPA.

Para fins de evitar acidentes e conflitos de rede e pelos drones não recreativos estarem relacionados com o uso de radiofrequência, telemetria ou transmissão de imagens, o principal cadastro que se deve ter é com a ANATEL. O cadastro é realizado no site da própria agencia como mostrado abaixo:

Figura 20 - Cadastro no sistema SIS da ANATEL

17/07/2023, 23:53

Anatel

BOA NOITE

**FOCUS - Suporte do Atendimento aos Usuários**

Acesso ao sistema	Ainda não sou cadastrado
--------------------------	---------------------------------

Para aumentar a segurança de seus dados e facilitar a recuperação de senha em caso de esquecimento, a Anatel implementou a funcionalidade

“Pergunta de Segurança”

Uma vez respondida, essa informação só será solicitada caso precise recuperar sua senha.

CPF *

Nome

Email *

Repetir email *

Telefone *

CEP *

Logradouro

Número *

Complemento

Bairro

Município

UF

Senha *

Confirmar Senha *

Pergunta de segurança *

Resposta *

Cadastrar

<https://sistemas.anatel.gov.br/sis/cadastrosimplificado/pages/cadastro/inserir.xhtml?codSistema=649&i=1>

1/2

Fonte: ANATEL.

Se o uso do drone é no espaço aéreo brasileiro, o cadastrado tem que ser feito no sistema SARPAS do DECEA, sendo sua função como um facilitador no procedimento de solicitação de acesso ao espaço aéreo brasileiro (DECEA, 2018, AIC nº 17). A versão SARPAS NG está integrada à base de dados do novo SISANT, o Sistema de Aeronaves Não Tripuladas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), implementado em maio de 2022.

Se os seus dados (nome completo e CPF) estiverem em conformidade nos dois sistemas (SISANT e SARPAS), por meio do botão “SINCRONIZAÇÃO SISANT”, suas aeronaves cadastradas na ANAC aparecerão em seu perfil do SARPAS automaticamente.

Figura 21 - Cadastro no sistema SARPAS do DECEA



The screenshot shows the 'Aeronaves' (Aircraft) section of the SARPAS system. At the top, there are two buttons: 'SINCRONIZAÇÃO SISANT' (Synchronize SISANT) and 'CADASTRAR AERONAVE' (Register Aircraft). Below these, there are two tabs: 'MINHAS AERONAVES' (My Aircraft) and 'COMPARTILHADAS COMIGO' (Shared with Me). The 'MINHAS AERONAVES' tab is selected, showing a table with the following data:

STATUS	DOCUMENTO	TIPO	PMD	DATA DE EXPIRAÇÃO
ATIVO	PP-	Profissional	3.5 kg	20/06/2024
ATIVO	PP-	Profissional	0.3 kg	30/05/2024

Fonte: DECEA.

Para conseguir emitir o Certificado de Cadastro da aeronave, deve-se cadastrar o drone no sistema SISANT da ANAC, como representa abaixo a tela do sistema da agência:

Figura 22 - Cadastro no sistema SISANT da ANAC

Cadastro de Drone ? ×

* Nº de Cadastro da Aeronave ?

* Fabricante

* Modelo

Drone cadastrado em nome de ▼ Novo

Preencher este campo somente se o drone estiver sendo cadastrado em nome de uma pessoa jurídica.

* Peso Máximo de Decolagem (Kg)

* Nº de Série ?

* Pulverização e aplicação de outros insumos - E94.5(b) Sim Não

* Aeronave Experimental Sim Não

* Uso Recreativo Sim Não

* Ramo de Atividade Principal ▼

Informações Adicionais

Fonte: ANAC.

Figura 23 - Cadastro no sistema SISANT da ANAC Continuação

☐ Estou de acordo com os termos abaixo:

Termo

Declaro, para os devidos fins:

1. ter mais de 18 anos;
2. que as informações prestadas são verídicas e de estar ciente de que estarei sujeito às penas da legislação pertinente caso tenha incluído informações falsas;
3. estar ciente de que é minha responsabilidade a segurança da minha senha de acesso a este sistema de cadastro;
4. ter ciência de que este sistema de cadastro só pode ser utilizado para cadastrar aeronaves não tripuladas:
 - de uso recreativo; ou
 - de uso não recreativo, limitado a 25kg de peso máximo de decolagem, que não voará além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL);
5. que a aeronave não tripulada que estou cadastrando é para uso exclusivamente:
 - recreativo; ou
 - não recreativo, limitado a 25kg de peso máximo de decolagem, que não voará além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL);
6. que é minha responsabilidade tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir o RBAC-E nº 94, demais instruções suplementares ou normativos publicados pela ANAC, assim como os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes;
7. que sou responsável pela guarda da aeronave, pelo seu uso, podendo ser responsabilizado administrativa, civil e/ou penalmente pelas infrações ou eventuais danos causados pela aeronave que ora estou cadastrando;
8. que para transferir a responsabilidade pela operação desta aeronave para outra pessoa, é minha responsabilidade fazer a comunicação de transferência da no sistema e aguardar a confirmação pela outra parte, quando então ela passará então a ser a nova responsável pela operação da aeronave;
9. quando a aeronave não estiver mais em condições de uso, devo inativar o cadastro no sistema; e
10. que é proibida a operação desta aeronave não tripulada quando o cadastro estiver vencido ou inativado.
11. que estou ciente que as certidões de cadastro emitidas por este sistema devem ser portadas juntamente com a aeronave e apresentadas para as autoridades competentes, caso solicitado, sendo admitido o porte em formato digital (pdf).

Fonte: ANAC.

Para RPA de classe 3 com PDM maior que 250 gramas este cadastro no sistema SISANT da ANAC é obrigatório segundo o RBAC-E nº 94 da ANAC (2017, p.11). Tendo sido cadastrado, será fornecido a certidão no qual terá os números de

identificação no qual se deve estar localizado no drone de forma legível e de fácil acesso composta de material não inflamável. Porém os RPA com PMD até de 250 gramas não precisam de cadastro ou identificação junto à ANAC.

Para a validade do cadastro, é estipulado um prazo de 24 meses, contudo se passado 06 meses e não tiver havido a revalidação, o cadastro do RPA será inativo, sendo incapacitado de fazer uma outra revalidação. Por último, tem-se que os pilotos remotos também necessitam fazer seus cadastros junto à ANAC.

Segundo o Informe da ANAC (2017, p.4), os RPA com até 250 gramas não precisam ter licença de habilitação para a pilotagem, caso sua utilização seja feita até uma altitude de 400 pés. Contudo os RPA de classes 1, 2 e 3 no qual venha a ser utilizados em uma altitude maiores que 400 pés, precisam possuir a licença e habilitação de pilotagem disponibilizadas pela ANAC.

Entrando na parte da fiscalização, a ANAC fiscaliza de modo o Programa de Vigilância Continuada, ou seja, quando tiver alguma denúncia, a mesma será tratada referente a sanções apresentadas no Código Brasileiro de Aeronáutica. O DECEA, tem como o agente fiscalizador com a função de verificar a mensagem de informação ou autorização do voo realizados pelo próprio departamento, portanto estes documentos tem as informações da operação requerida pelo piloto remoto (DECEA, 2018, item 2.8, NOTA 1).

Notando uma fiscalização de pouca efetividade, gerando assim a operação irregular de vários RPA. Sendo que a disponibilidade e o acesso para conseguir obter um equipamento está muito fácil.

Em relações as penalidades para os pilotos que infringirem as regras estabelecidas, a punição aeronáutica atribuída pela ANAC está relacionada a suspensão temporária das atividades operacionais (INFORME ANAC, 2017, p.6). Em consenso, o Código Brasileiro de Aeronáutica corrobora nos seguintes pontos:

Art. 289. Na infração aos preceitos deste Código ou da legislação complementar, a autoridade aeronáutica poderá tomar as seguintes providências administrativas:

- I - Multa;
- II - Suspensão de certificados, licenças, concessões ou autorizações;
- III - Cassação de certificados, licenças, concessões ou autorizações;
- IV - Detenção, interdição ou apreensão de aeronave, ou do material transportado;
- V - Intervenção nas empresas concessionárias ou autorizadas. (CBA, 1986, CAPÍTULO II)

“Quando a infração constituir crime, a autoridade levará, imediatamente, o fato ao conhecimento da autoridade policial ou judicial competente.” Complementa o CBA, (Lei 7565, 1986, Art. 291, § 1º).

No que se diz respeito a penalidade do infrator, pode ter de 03 meses a 01 ano de detenção quando houver exposição a perigo direto e iminente a vida ou saúde de outrem, isso não for configurado um crime mais grave segundo o Art. 132 do Código Penal (1940)

Caso a aeronave própria ou alheia seja exposta a perigo ou haja uma ação com tendência de impedir ou dificultar a navegação aérea o infrator pode ter sua penalidade como sendo de 4 a 12 anos de reclusão (Código Penal, Art.261).

Para fins de esclarecimento a tabela abaixo com o resumo das exigências de cada classe de RPA.

Tabela 4 - Resumo das exigências de cada classe

Resumo da regulamentação da ANAC				
	RPAS Classe 1	RPAS Classe 2	RPAS Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

Fonte: ANAC.

Exibindo também a tabela com os requisitos das aeronaves não tripuladas quanto a classificação referente ao ICA100/40-2015.

Tabela 5 - Requisitos das aeronaves não tripuladas quanto a classificação, ICA100/40-2015

Requisitos das aeronaves não tripuladas quanto a classificação			
Parâmetro	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3
<i>Altura máxima permitida</i>	100ft (30m)	400ft (120m)	· Espaço aéreo segregado · Necessária solicitação ao DECES com no mínimo 30 dias de antecedência · Emissão de NOTAM
<i>Distância de visada do operador</i>	300m	500m	
<i>Afastamento mínimo – Segurança</i>	2NM (5 Km)	5NM (9 Km)	
<i>Afastamento mínimo – Edificações</i>	30 m	30m	
<i>Velocidade Máxima</i>	30kt (55 Km/h)	60kt (108 Km/h)	
<i>Tipo de operação</i>	Visual	Visual	
<i>Período de operação</i>	Diurno	Diurno	
<i>Afastamento mínimo – Edificações</i>	30 m	30m	
<i>Velocidade Máxima</i>	30kt (55 Km/h)	60kt (108 Km/h)	
<i>Tipo de operação</i>	Visual	Visual	
<i>Período de operação</i>	Diurno	Diurno	

Fonte: ICA100/40-2015

4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi estruturado a partir de uma revisão bibliográfica sobre o sistema de transporte por drones. A maior parte das informações pesquisadas foi reunida no capítulo 3 e 4, onde foi feito uma apresentação do sistema e de seus fundamentos técnicos e regulamentários. Esses capítulos foram divididos de forma para melhores esclarecimentos e facilitar a compreensão quando as definições dos VANTs, sua origem e evolução, tipologias e aplicações na área de logística e transporte. Além de salientar os seus sistemas regulamentadores, normas e regras de voo.

Após a revisão bibliográfica, foi realizada no capítulo 5 uma análise das vantagens e desvantagens da utilização do sistema de transporte por drones. Essa análise é de grande relevância para o entendimento do sistema como um todo. Ela traz informações importantes a respeito do sistema, que poderão auxiliar na decisão de adoção ou não do sistema. Ao final desse mesmo capítulo é apresentado um esquema do processo de especificação para a possível utilização dos RPA para o transporte de carga, que tem como objetivo guiar os profissionais da área ou demais interessados na especificação do sistema para novos projetos.

Por fim, no capítulo 7 são feitas as considerações finais sobre o sistema. A conclusão foi elaborada baseando-se nas informações contidas no trabalho, nas bibliografias pesquisadas e no ponto de vista do autor.

5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

A revisão da literatura possibilitou a identificação de um conjunto de barreiras e benefícios que podem influenciar na avaliação do VANT para o transporte de carga, conforme apresentado a seguir.

5.1 Vantagens

(a) A facilidade da utilização do equipamento (JANG; LEE; CHOI, 2012; KIM; IRIZARRY, 2015).

(b) A maioria dos sistemas de voo tem com base tecnologias de custo baixo (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014);

(c) O uso de diferentes meios de transmissão de dados (wireless, rádio frequência, entre outros) (JANG; LEE; CHOI, 2012);

(d) A redução do tempo e agilidade na disponibilidade das informações quando adotadas as tecnologias de informação (IRIZARRY; GHEISARI; WALKER, 2012);

(e) VANTs de asa rotativa conseguem decolar e pousar verticalmente, assim, nenhuma área da pista é necessária (REMONDINO et al., 2011);

(f) Os VANTs podem ser utilizados em situações de alto risco sem pôr em perigo vidas humanas (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014);

(g) Menores emissões de poluentes geradas em relação a outras aeronaves (ALIAGA AGUILAR; CUBAS, 2019);

(h) Redução do tempo de entrega e dos custos do transporte, e redução de tráfego (CHOI; KIM, 2019);

5.2 Desvantagens

(a) Interferência na comunicação devido a obstruções, como materiais equipamentos, estruturas e congestionamento da rede afetam a confiabilidade da transmissão de dados (JANG; LEE; CHOI, 2012), o alcance da comunicação (KIM; IRIZARRY, 2015).

(b) A autonomia da bateria e a quantidade de carga transportada (SIEBERT; TEIZER, 2014; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014; KIM; IRIZARRY, 2015).

(c) Pelo seu baixo peso, o sistema de voo é muito afetado pelas condições meteorológicas, principalmente em situações de vento críticos segundo

(REMONDINO et al., 2011; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014); as condições meteorológicas podem comprometer a estabilidade do voo (KIM; IRIZARRY, 2015).

(d) O impacto do processo regulatório na adoção da tecnologia (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a), sendo muitas vezes necessário solicitar permissão para voo, além da proibição de voos autônomos (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

(e) O conhecimento prévio da plataforma e habilidade de controle do usuário e a manutenção do equipamento (IRIZARRY, COSTA; KIM, 2015a).

(f) A compatibilidade entre o tipo de aeronave e as características do projeto (área a ser coberta, área disponível para decolagem e pouso, altitude máxima, existência de obstáculos, necessidade de observador, entre outros) (SIEBERT; TEIZER, 2014).

5.3 Proposta

A partir da revisão bibliográfica apresentada, buscou-se elaborar um conjunto de etapas básicas, que envolvem o transporte por drones, a ser compartilhado com outros profissionais da área ou demais interessados, de modo a facilitar a compreensão quanto a utilização desse sistema.

5.3.1 Planejamento/Viabilidade

Quando se trata de uma nova tecnologia inserida no dia-a-dia da engenharia, sempre vai ser levantada a questão da viabilidade e seu planejamento e gestão deste novo sistema. Com o processo de aperfeiçoamento dos drones e com sua maior disponibilidade de aquisição no atual momento, a viabilidade de utilização desse equipamento pode ser a contribuição necessária para a sua utilização em questão de transporte de cargas, sendo dentro do próprio canteiro de obras ao se utilizar o drone como ferramenta de transporte vertical, sendo como possível entrega de material para a obra em questão.

É importante ressaltar que, utilizar o drone como única e exclusividade para o transporte de carga na obra, pode ser uma má utilização desse equipamento, uma vez que ele se deve a uma vastas outras variedades de utilização, contudo, não citadas no trabalho presente pois não era seu foco. Portanto na questão do planejamento de uso da tecnologia, deve se ter o máximo aproveitamento do sistema, a fim de viabilizar a questão operacional e econômica do trabalho.

5.3.2 Segurança

Deve ser pensados os quesitos básicos relacionados a segurança, como reflete os regulamentos apresentados. Caso aplicados os drones em canteiros de obra, deverá ter um acordo com os funcionários referentes a pilotagem do drone sobre os mesmos, vale ressaltar que precisaria também de um estudo mais detalhado referente a NR-18 e ao PCMAT quando se trata da segurança do funcionário visando a prevenção de possíveis acidentes ocasionados pelos RPA.

Outro fator que vai com a segurança são os relatórios de voo que se deve realizar e as manutenções preventivas na aeronave como visa os regulamento e o fabricante, por isso deve se ficar sempre atento nesse quesito caso opte pela utilização dos drones como modal de transporte de carga.

5.3.3 Execução

Para a pilotagem do drone com a carga, se deve sempre ter um piloto autorizado para realizar a operação, além de caso venha a precisar, de um segundo observador para o auxílio do piloto. Como visto anteriormente, em caso de efeitos meteorológicos mais acentuados, não é recomendado a operação do voo, pois o equipamento pode sofrer grandes influencias o que pode dificultar o manuseamento no ar do drone.

Deve se ter previamente analisada a rota de execução e calculado a quantidade necessária de drones a ser utilizada para o transporte do material, caso seja de um peso mais elevado para o carregamento de somente um drone de uma especifica classe. Caso tenha mais de um drone no transporte, deverá ter mais pilotos para o manuseio conforme os regulamentos. É preciso ficar atento sobre a bateria e a capacidade máxima de carga que o drone consegue transportar.

Por fim é necessário ter um questionamento se a utilização dos drones para os transportes de carga para a determinada obra ou transporte que irá realizar é de fato o melhor meio de logística que terá a sua disposição. Mesmo que o presente trabalho defenda uma nova tecnologia frente ao transporte, é importante sempre analisar o caso que está inserido. O uso dos drones pode ser de boa utilização caso venha a precisar de velocidade no transporte de materiais pelo fato do modal ser aéreo, caso o serviço apresente um grande risco de altura para o funcionário, se tem uma grande dificuldade em acessar certas áreas por meio terrestre, pode ter um menor custo quanto a utilização de outros equipamentos para a realização do mesmo serviço.

6. CONCLUSÃO

Com sua baixa capacidade de transporte de carga, uma autonomia relativa da bateria, um regulamento muito restritivo e confuso fica evidente que a escolha como um equipamento de transporte é quase inviável para os drones no momento atual.

Contudo vimos que a evolução dessa tecnologia está cada vez mais abrangente sendo promissora para as questões de entregas de mercadorias realizadas por grandes empresas devido sua flexibilidade, mobilidade, segurança e rapidez na eficiência do transporte de materiais. Para os autores estudados, a utilização desse tipo de veículo vai ser bastante exigido para o transporte de carga no futuro por terem apresentados em estudos menores custos e menores tempos de entrega de mercadorias, além de ser um veículo sustentável na emissão de gás CO₂.

Por fim o trabalho atual fez uma averiguação e recomendação da utilização desse meio de transporte de carga. Contudo como esta tecnologia, embora existente a muito tempo, relativamente nova nos quesitos de aplicação na engenharia de transportes, se tem um grande potencial. Com base nisso a criação de novas tecnologias referentes a estas aeronaves pode mudar significativamente as premissas de hoje e deste trabalho, podendo ser um grande aliado em questão do transporte de grandes cargas e grandes distancias fazendo assim uma possível revolução no que entendemos em logística.

Portanto fica em questão e em dependência dessas futuras revoluções tecnológicas no qual pode ser realizada referentes a esses potenciais aeronaves na esfera do transporte.

7. REFERÊNCIAS

ALIAGA-AGUILAR, H.; CUBAS, J. **UAV influence in the emissions of airborne cargo transportation**. BRAIA SCHOLARS' WORKSHOP, 2019.

ANAC, Governo Federal. Portaria DAC nº 207, de 07 de abril de 1999. **Regras para operação de Aeromodelismo no Brasil**. Brasília, DF, p.1, 1999.

ANAC, Governo Federal. **Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor**. Informativa web. 2017.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil - **Regulamento Brasileiro da aviação Civil Especial** (RBAC-E nº94). Resolução n. 419, 2 de maio de 2017. Brasília, 2017.

BRASIL. Decreto-lei nº 3.688, de 03 de outubro de 1941. **Lei das Contravenções Penais**.

CHOI, J. O.; KIM, D. B. **A New UAV-based Module Lifting and Transporting Method: Advantages and Challenges**. In: 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019).

CUNHA, C. **Uma contribuição para o problema de roteirização de veículos com restrições operacionais**. 1997, 222p. Tese (Doutorado) - EPUSP, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.

DECEA, Comando da Aeronáutica. AIC nº 17, de 11 de junho de 2018. **Aeronaves remotamente pilotadas para uso recreativo - Aeromodelos**. Circular de Informações Aeronáuticas. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

DECEA, Comando da Aeronáutica. AIC nº 23, de 11 de junho de 2018. **Aeronaves remotamente pilotadas para uso em proveito dos órgãos ligados aos governos Federal, Estadual ou Municipal**. Circular de Informações Aeronáuticas. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

DECEA, Comando da Aeronáutica. AIC nº 24, de 11 de junho de 2018. **Aeronaves remotamente pilotadas para uso exclusivo em operações dos órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de Fiscalização da Receita federal**. Circular de Informações Aeronáuticas. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

DECEA, Comando da Aeronáutica. ICA nº 100-40, de 22 de dezembro de 2016. **Sistema de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. Instrução do Comando de Aeronáutica. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

DECEA, Comando da Aeronáutica. **Tenha uma operação segura com seu Drone/RPAS**. 2018. Disponível em: < <https://www.decea.gov.br/drone//> >. Acesso em 18 de jul. de 2023.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA (FAB). Comando da aeronáutica publica nova legislação sobre drones. **Agência Espacial Brasileira**. 4/12/2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br>>. Acesso em: 18 jul..2023

IRIZARRY, J.; COSTA, D.B.; KIM, S. Potential applications of Unmanned Aerial systems for construction management tasks. In: **International Conference on Innovative Production and Construction (IPC)**, July, Perth, 2015a.

IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B. N. Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**. p. 194–212. 2012.

JANG, W.-S.; LEE, D.-L.; CHOI, J.-H. Ad-hoc performance of wireless sensor network for large civil and construction engineering applications. **Automation in Construction**. v.26, p. 32-45, 2012.

KIM, S.; IRIZARRY, J. Exploratory study on factors influencing UAS performance on highway construction projects: as the case of safety monitoring systems. In: **Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure**, Ames, 2015.

MATSCHULAT, J. P. **Proposta de um modelo heurístico para o problema de distribuição de cargas fracionadas com o auxílio de drones**. Joinville, 2016. 65p. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina.

MORGENTHAL, G.; HALLERMANN, N. Quality assessment of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based visual inspection of structures, **Advances in Structural Engineering**, v. 17, n. 3, 2014.

PAULA, João Cleber De; GENTIL, Célio. **DRONES INSERTION IN URBAN LOGISTICS: New trend in industry 4.0**. Juiz de Fora: Monografia (Graduação), 2020.

PWC: **Clarity from Above - PwC global report on the commercial applications of drone technology**, 2016 – Disponível em www.dronepoweredsolutions.com

REMONDINO, F.; BARAZZETTI, F.; NEX, M.; SCAIONI, M.; SARAZZI, D. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling – Current Status and Future Perspectives. In: **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.38, pp. 25-31, 2011, Zurich, Switzerland.

REZENDE, Rodrigo Montezel Corrêa De. **DRONES: REGULAMENTAÇÕES E OS IMPACTOS NA SEGURANÇA PÚBLICA**. Palhoça: Monografia (Graduação), 2018.

SANTOS, Bruna; LORDSLEEM JR., Alberto. **REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) COMO EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE**. Porto Alegre: Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais, 2020.

SIEBERT, S; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v.41, p. 1-14, 2014.