
A proliferação dos drones e a investigação de acidentes deste segmento

Major Aviador Daniel Barbosa Amancio¹

1 Currículo resumido, relativo ao tema tratado no artigo.

RESUMO: O grande crescimento da utilização de Sistemas de Aeronaves não tripuladas / *Unmanned Aircraft System* (UAS) estão sendo presenciadas no Brasil e no mundo, tanto no emprego militar quanto no emprego civil, com as mais variadas aplicações e finalidades. Com esse crescimento, surgem preocupações com a segurança de voo. Estatisticamente, os acidentes são inerentes à atividade aérea. Apesar de reativa, a investigação de acidentes aeronáuticos é importante ferramenta no processo de prevenção, pois apesar de uma investigação ocorrer após o acidente consumado, seu foco principal está em identificar o que aconteceu e por que aconteceu. Uma vez concluída a investigação, recomendações de segurança são emitidas para mitigar os fatores contribuintes e minimizar as chances de reincidência em futuros acidentes. A proposta desse artigo consiste em uma compilação de poucos autores e literaturas a respeito de investigação de acidentes envolvendo aeronaves não tripuladas. Entendendo as peculiaridades deste crescente segmento da aviação, nas características dos equipamentos, operações, modos de emprego, regulamentações e demais propriedades afins, o investigador de um acidente envolvendo UAS vai ter maior possibilidade de determinar os fatores contribuintes para o evento, tornando a investigação mais efetiva.

Palavras Chave: Acidente. UAS. RPAS. Investigação. SIPAER.

Drone proliferation and the accident investigation in this segment

ABSTRACT: The great growth of the use of Unmanned Aircraft System (UAS) is being witnessed in Brazil and worldwide, both in military and civil application, with the most varied usage and purposes. With this growth, flight safety concerns arise. Statistically, accidents are inherent to air activity. Although reactive, the investigation of aircraft accidents is an important instrument in the prevention process, although an investigation occurs after the accident, its main focus is on identifying what happened and why it happened. Once the investigation is completed, safety recommendations are issued to mitigate contributing factors and minimize the chances of recurrence in future accidents. The paper consists of a compilation of few authors and literature on accident investigation involving unmanned aircraft. Understanding the peculiarities of this growing aviation segment, the characteristics of equipment, operations, modes of usage, regulations and other related properties, the investigator in charge of a UAS accident will be able to determine the contributing factors for the event, making the investigation more effective.

Key words: Accident. UAS. RPAS. Investigation. SIPAER.

Citação: Amancio, DB. (2021) A proliferação dos drones e a investigação de acidentes deste segmento. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 11, N°. 1, pp. 66-78.

1 INTRODUÇÃO

As denominações de “Drones” variam de estado para estado. Segundo a FAA, o termo “*Unmanned Aircraft System - UAS*” significa uma aeronave que é operada sem a possibilidade de intervenção direta humana de dentro da aeronave.

O termo “*Remotely-Piloted Aircraft System - RPAS*” significa uma aeronave não tripulada e elementos associados (incluindo *links* de comunicações e os componentes que controlam a aeronave não tripulada) que são utilizados para os pilotos em comando, para operar seguramente e eficientemente no espaço aéreo (ISASI, 2015).

Segundo a ICAO, as aeronaves remotamente pilotadas são um tipo de aeronave não tripulada. Todas as aeronaves não tripuladas, pilotadas remotamente, totalmente autônomas ou combinações das mesmas, estão sujeitas às disposições do artigo 8 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional (DOC 7300), assinada em Chicago em 7 de dezembro de 1944 e alterada pela Assembléia da ICAO (ICAO, 2015).

O artigo 8 estabelece que nenhuma aeronave capaz de navegar sem piloto poderá sobrevoar o território de um Estado contratante sem autorização especial do citado Estado e de conformidade com os termos da mesma autorização. Cada Estado contratante se compromete a tomar as disposições necessárias para que o voo sem piloto de tal aeronave, nas regiões acessíveis de aeronaves civis, seja controlada de modo a evitar todo perigo para as aeronaves civis.

O Conceito Operacional de Gerenciamento Global de Tráfego Aéreo (DOC 9854) declara: “Um veículo aéreo não tripulado é uma aeronave sem piloto, no sentido do artigo 8 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional, que é pilotada sem um piloto em comando a bordo e é remotamente e totalmente controlado de outro local (solo, outra aeronave, espaço) ou programado e totalmente autônomo.” Esse entendimento sobre UAV foi endossado pela 35ª Sessão da Assembléia da ICAO.

Segundo Pestana (2018), é definido pela Força Aérea dos EUA como um veículo aéreo motorizado que não carrega um operador humano, usa forças aerodinâmicas para elevar o veículo, pode voar autonomamente ou ser pilotado remotamente, pode ser descartável ou recuperável e pode transportar uma carga útil letal ou não-letal. Veículos balísticos ou semi-balísticos, mísseis

de cruzeiro e projéteis de artilharia não são considerados veículos aéreos não tripulados. Quando combinados com estações de controle de solo, *links* de comunicação de dados, infraestrutura e pessoal, os drones formam um UAS (Sistemas de Aeronaves não-tripuladas).

Boanova Filho (2014) esclarece que os drones, também referidos como “VANT” (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou “UAS” (*Unmanned Aircraft System*) ou mesmo “UAV” (*Unmanned Aerial Vehicle*, termo já em desuso) têm, na verdade, a nomenclatura oficial no Brasil de RPA, abreviatura para o Inglês *Remotely-Piloted Aircraft*, traduzido como “Aeronave Remotamente Pilotada”.

Considerando que, para operar, uma RPA necessita de outros componentes, como o caso de uma “Estação de Pilotagem Remota (*Remote Pilot Station – RPS*)” (ANAC, 2017a), a ICAO passou a sugerir, em escala internacional, a adoção do termo “RPAS (*Remotely-Piloted Aircraft System*)” (COMAER, 2016). Tais nomenclaturas foram adotadas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Desta forma, a ANAC estabelece que o termo RPAS significa a RPA, sua(s) RPS, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente, como especificado no seu projeto (ANAC, 2017a).

A popularização do que inicialmente parecia apenas um brinquedo, os famigerados “drones”, mostraram-se capazes, nos últimos anos, de alçar voos e assumirem inúmeras necessidades do ser humano como meio aéreo versátil, barato e eficiente. O Brasil e o mundo estão experimentando um “boom” com a proliferação destes vetores, com centenas de aplicações aéreas, algumas delas antes supridas pelos helicópteros. O crescimento é observado na Figura 1.1, que expõe o crescimento deste segmento no mercado.

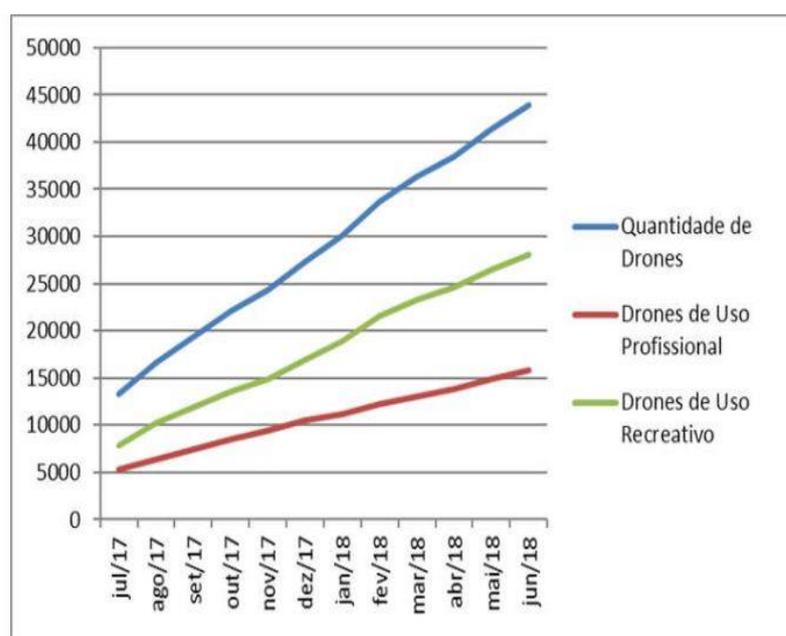


Figura 1.1 – Quantidade de cadastros de RPAS na ANAC (BOERY, 2018).

Além das utilizações em substituição aos helicópteros, algumas idéias inovadoras do uso do espaço aéreo pelos *Unmanned Aircraft System* (UAS), como meio aéreo para prestação de serviços inéditos estão surgindo mais e mais a cada dia. Possibilidades da entrega de produtos pode ser exemplo característicos dessa premissa, tornando os UAS como tecnologia disruptiva.

Sem precisarem enfrentar o trânsito urbano, os drones têm grande vantagem para cumprir prazos. Eles também podem ser totalmente rastreados, o que permite ao comerciante e ao comprador maior controle sobre a entrega. Além de tornar a entrega mais eficiente, segura e confiável, os drones também beneficiam a empresa ao reduzir a carga de trabalho e processo logístico (SAP, 2018).

A empresa [PWC \(2018\) prevê que a demanda por drones comerciais crescerá](#) mais rapidamente até o final de 2020, crescendo de um valor de mercado de cerca de US\$ 100 bilhões para cerca de US\$ 127 bilhões. O mercado de drones também deve impulsionar a economia e a geração de empregos. Estima-se que o setor de drones comerciais possa adicionar cerca de 100 mil novos empregos para a economia dos Estados Unidos, e a onda deve se estender para outros países que adotarem a tecnologia.

Considerada a maior empresa aeroespacial do mundo e a principal fabricante de aviões comerciais, a Boeing pretende também conquistar espaço no mercado de veículos não tripulados elétricos de decolagem e aterragem vertical (eVTOL). A empresa aeroespacial norte-americana desenvolveu um “drone” gigante, capaz de transportar até 227 quilos de carga útil. A empresa completou, com sucesso, os testes iniciais de voo do drone, que recebeu um nome técnico bastante extenso: *electric vertical-takeoff-and-landing unmanned cargo aerial vehicle* (MEDIUM, 2018).

Os engenheiros da Boeing estão transformando o referido protótipo em um avião autônomo funcional, que pode inclusive ser aprimorado para transportar até o dobro de carga. A tecnologia abre possibilidades para a entrega de bens de alto valor, missões autônomas em ambientes remotos ou perigosos e outras aplicações (MEDIUM, 2018).



Figura 1.2 – Drone protótipo da Boeing, para transporte de carga (MEDIUM, 2018)

A companhia aérea Emirates pretende iniciar a operação de drones para transporte de passageiros, a partir de abril de 2020, de qualquer localização na cidade de Dubai para o Aeroporto Internacional de Dubai. Este revolucionário serviço de traslado será oferecido a todos os membros do *Emirates Skyward Platinum* (MACEDA, 2019).



Figura 1.3 – Drone para transporte de passageiros Emirates (MACEDA, 2019)

Segundo a ISASI (2017), os termos “aeronave pilotada remotamente” (RPA) e “sistemas de aeronave remotamente pilotada” (RPAS) aparecem em várias expedições da ICAO e *Civil Aviation authority* (CAA) no mundo, embora o termo geral da ICAO para o setor pareça ter revertido para “UAS” neste momento. Isso é, pelo menos em parte, um reconhecimento prático das diversas relações que existem entre uma *unmanned aircraft* (UA) e seu piloto em comando (PIC) designado em diferentes sistemas de aeronaves não tripuladas. Também permite a introdução futura de aeronaves não tripuladas puramente autônomas sem que seja necessária uma alteração na nomenclatura.

O novo título e nomenclatura UAS foi cuidadosamente selecionado com base na posição de que "aeronaves remotamente pilotadas são um tipo de aeronave não tripulada" (ISASI, 2017).

Rotineiramente é noticiado na mídia diferentes usos de aeronaves não tripuladas em missões civis inimagináveis no século passado. O transporte de órgãos de um centro hospitalar para outro, o lançamento de bóias e equipamentos para salvamento em afogamentos, o socorro no envio de desfibriladores para pacientes em áreas remotas, o monitoramento termal em áreas de interesse, a entrega de uma pizza do outro lado da cidade, dentre outras aplicações, tornam os “drones” surpreendentes para sociedade.

Autoridades de diversas áreas, no Brasil e no mundo, estão buscando acomodar essa nova realidade aos padrões já existentes. É um grande desafio para os reguladores da aviação a compatibilização dessas máquinas com a estrutura e sistema da aviação tripulada.

A aviação é um sistema complexo, com demasiadas áreas de atuação para garantir a segurança das pessoas e propriedades, sendo algumas delas os requisitos de operações, certificações de produtos etc. Mesmo com tantas proteções e defesas, os acidentes fazem parte da história da aviação.

Ao longo dos anos a aviação foi amadurecendo cada vez mais em seus processos de proteções e defesas. Um dos processos mais eficazes contra insucessos futuros é a investigação. Entender como se sucedeu o insucesso que levou a um acidente, com a identificação dos fatores que contribuíram para um evento catastrófico, podem permitir a criação de novas defesas ou reforços nas defesas já existentes.

Dessa forma é que a aviação é considerada o segundo meio de transporte mais seguro do mundo, perdendo apenas para o elevador.

Com a proliferação dos UAS, será que os insucessos nas operações ocorrerão? Ao certo que infelizmente, como na aviação tripulada, os acidentes não deixam de acontecer, eles são mitigados, mas não são eliminados totalmente.

Para que as taxas de acidentes permaneçam em níveis aceitáveis, a investigação reativa contribui de forma significativa para redução de eventos similares em situações futuras. O Brasil como país signatário da ICAO, integra os 194 países com a filosofia da prevenção por meio das lições aprendidas nas investigações de acidentes e incidentes.

Os investigadores do SIPAER, assim como investigadores de segurança aérea de todos os continentes, labutam diuturnamente para entenderem e identificarem os fatores que levaram às catástrofes.

A aviação não tripulada possui algumas semelhanças com a aviação tripulada, entretanto, são diversas características inovadoras e diferentes de tudo que já foi vivido no passado. A novidade em relação à *links* de controle satelital, latência de comando, operações além da linha de visada, membros de mesma tripulação em países diferentes, dentre outras características, tornam esse segmento em um obscuro mundo em relação ao desconhecimento.

Em matéria de publicações e literaturas nacionais para suporte às atividades de investigação de UAS, o Brasil possui uma carência em publicações na língua portuguesa. Mostra-se oportuna uma referência técnica publicada a respeito desse assunto, ainda mais se tratando de investigação envolvendo sistemas de aeronaves não tripuladas, de certa forma incipiente no mundo.

2 METODOLOGIA

Para garantir a objetividade e a precisão neste estudo, foram adotados métodos observacionais e comparativos. No tocante ao delineamento, definida por Gil (2008), como “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados” – o trabalho foi desenvolvido com base em pesquisa bibliográfica (no que concerne à revisão da literatura de manuais, documentos técnicos e *papers* científicos de investigação de acidentes), tendo empregado, como técnicas de coleta de dados, a observação simples e a observação participante (natural).

Durante a revisão da literatura utilizou-se como referências para o desenvolvimento deste trabalho o Doc 9756-AN/965 (Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation) da ICAO, por ser o Brasil um dos países signatários dessa organização mundial. Adicionalmente, publicações especializadas da Federal Aviation Administration (FAA) e publicações da International Society of Air Safety Investigators (ISASI), além de outros diversos documentos e artigos científicos relacionados ao assunto.

3 RESULTADOS

3.1 DESCRIÇÃO DAS DIFERENÇAS ÚNICAS E SIGNIFICATIVAS ENTRE AERONAVES TRIPULADAS E NÃO-TRIPULADAS

Embora a diferença principal e óbvia seja a ausência de tripulante a bordo da aeronave, esse segmento da aviação possui uma gama de características diferenciadas, tanto operacionais como de equipamentos e produtos associados.

Segundo a ISASI (2017), embora existam diferentes sistemas RPAS, todos certamente possuem propriedades e limitações em comum, conforme a seguir:

- a) Uma aeronave (potencialmente de qualquer tipo ou categoria) capaz de ser operada sem um piloto nessa aeronave;
- b) Estação de Pilotagem Remota (RPS) ou ground control station (GCS), meio no qual o piloto controla a operação da aeronave; e
- c) O meio eletrônico pelo qual o piloto está conectado à aeronave (por exemplo, redes de linha de visada, terrestres ou por satélite ou uma combinação delas).

Removendo o piloto da aeronave levanta importantes questões técnicas e operacionais, cuja extensão está sendo estudada ativamente pela comunidade da aviação.

Segundo a ISASI (2017), devem ser consideradas as principais diferenças operacionais e físicas entre aeronaves tripuladas e não-tripuladas:

- a) A falta de um piloto a bordo da aeronave não-tripulada, o que significa que a condição, a posição, a trajetória e o espaço aéreo circundante da aeronave não podem ser percebidos diretamente pelo piloto em comando (PIC);
- b) Confiança no espectro de radiofrequência (RF) e conectividade contínua entre estação de controle de solo e aeronave para operação segura, inclusive como substituto das limitações do PIC descritas acima;
- c) As habilidades variadas e às vezes extremamente limitadas que diferentes tipos de aeronaves não-tripuladas têm para manter uma separação segura de outras aeronaves (o que significa que a operação sob as “regras de voo visual – VFR” conforme atualmente constituídas nem sempre é possível);
- d) Diferentes visões do papel do controle de tráfego aéreo nas operações de UAS, incluindo os meios pelos quais o controle de tráfego aéreo (ATC) e UAS PIC podem ou devem interagir; e

- e) O uso ocasional de materiais novos e exóticos para propulsão, estruturas de aeronaves ou sistemas de recuperação, ou seja, locais de acidentes que envolvam sistemas em que esses materiais estão presentes pode ser inesperadamente perigoso para os socorristas e para os investigadores de segurança aérea.

3.2 ACIDENTES E INCIDENTES ENVOLVENDO UAS

Diante do grande crescimento da aviação não-tripulada, observada na Figura 1.4, aumentam cada vez mais a probabilidade de ocorrerem acidentes e incidentes aeronáuticos.

O risco de acidentes é inerente à atividade aérea. Em 2016, o Secretário-Geral da ICAO e o Presidente do Conselho da ICAO fizeram a seguinte observação: Dado que o UAS, informalmente chamado de "drone", pode ser operado erradamente e frequentemente ilegalmente por pilotos menos informados nos aeroportos e outras áreas controladas ou sensíveis do espaço aéreo, a ICAO tem tomado medidas para ajudar a minimizar seus riscos.

Segundo estudo *A Post-Accident Analysis of Civil Remotely-Piloted Aircraft System Accidents and Incidents* (2017), da Universidade Australiana RMIT (*RMIT University – School of Engineering – Aerospace Engineering and Aviation*), foram identificados 152 acidentes/incidentes, durante o período de 2006 a 2015 (Figura 1.5).

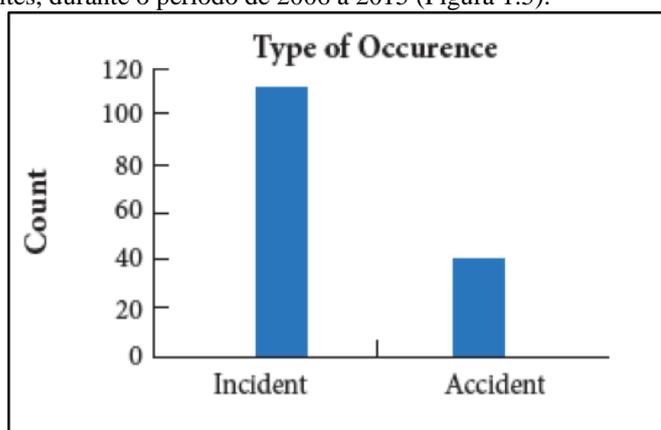


Figura 1.4 – Acidentes e incidentes de RPAS entre 2006 e 2015 (WILD, 2017).

De acordo com a ISASI (2017), os tipos de ocorrências que envolvem UA podem exigir investigação formal em dois cenários básicos, tais como:

- Conflito entre aeronaves (resultando em colisão ou perda de separação segura); ou
- Colisão com o solo (resultando em morte, lesão ou grandes danos à propriedade, independentemente de tal colisão ter ocorrido sob condições controladas ou descontroladas).

A fim de referenciar um acidente fatal, como exemplo de perda de controle, envolvendo um helicóptero não tripulado na Coreia (Figura 3.5), cita-se a seguir o relatório final da autoridade de investigação Coreana, que vitimou o PIC.

O Conselho de Investigação de Aviação e Acidentes Ferroviários (a seguir referido como "ARAIB") instituiu uma investigação de acidente de acordo com a Lei de Investigação de Acidentes de Aviação e Ferroviária, e notificou a ocorrência ao *Japan Transport Safety Board* (JTSB), que é a autoridade de investigação do Estado de fabricação, em conformidade com as disposições do Anexo 13 da ICAO (ARAIB, 2010).



Figura 1.5 – Unmanned Rotorcraft Yamaha RMAX L17 (ARAIB, 2010).

Um helicóptero não tripulado RMAX L17 (doravante denominado "S7044") para pulverização aérea, operado pela Cooperativa Agrícola de Osu (doravante denominado "Osu AC"), colidiu contra o piloto durante o movimento para trás após decolagem para pulverização aérea (Figura 3.6), nos arrozais localizados em Imsil-gun, Jeollabuk-do, República da Coreia.

Devido a este acidente, o piloto, um homem de 46 anos de idade, teve lesões fatais e o S7044 foi substancialmente danificado.

O Conselho de Investigação de Acidentes de Aviação e Ferroviária determinou que a causa deste acidente foi: Uma configuração inadequada do *pitch trim switch* na posição *pitch up 3* não foi reconhecida e corrigida, e o movimento para trás da aeronave não foi adequadamente controlado (ARAIB, 2010).

Em resumo, a configuração inadequada do interruptor de compensação (*pitch trim*) que não foi checado no pré-vo, possivelmente por uma omissão ou execução descuidada da lista de verificação e, portanto, seguida de movimento inesperado do helicóptero não-tripulado que era diferente de sua experiência habitual, e que a ação corretiva adequada não foi realizada durante o movimento para trás, são determinadas como sendo as causas deste acidente (ARAIB, 2010).



Figura 1.6 – Aeronave acidentada após impacto (ARAIB, 2010).

Como resultado da investigação, as conclusões do ARAIB foram extraídas das informações factuais e análises do acidente S7044. E com base nessas conclusões, o ARAIB emitiu 4 (quatro) recomendações de segurança para Osu Agricultural Cooperative e 4 (quatro) recomendações de segurança para o Yamaha Motor Company, do Japão (ARAIB, 2010).

4 INVESTIGAÇÃO DE UAS NO BRASIL

A investigação de acidentes aéreos exige familiaridade em várias áreas do conhecimento científico, tais como: aerodinâmica, mecânica, eletrônica, física, resistência de materiais, meteorologia, análise de sistemas, certificação de produtos, design de peças, dentre outras.

A capacidade para analisar todas as áreas técnicas e operacionais envolvidas em um acidente, com o desenvolvimento de linhas de pesquisas de investigação, suspeição de hipóteses e modelos mentais para compreender os aspectos envolvidos numa ocorrência aeronáutica, tornam a investigação uma atividade complexa.

O investigador de sinistros aéreos necessita de capacitação em diversas áreas do conhecimento científico, como algumas citadas no parágrafo anterior, a fim de subsidiar suas análises e pesquisas.

Em se tratando de investigação de aeronaves tripuladas, a maturidade dessa atividade atingiu elevados níveis, visto que há anos, várias entidades vêm consolidando boas práticas e técnicas na capacitação de seus profissionais. Publicações sobre o assunto, da ICAO e de diversas agências de investigação servem como referência de guia técnico para investigação de acidentes aeronáuticos.

Entretanto, quando se trata de investigações do segmento não-tripulado, nem mesmo a ICAO, até o presente momento, possui publicações de como conduzir essa atividade profissional. O DOC 9756, Parte III - Investigation (Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation), da ICAO, não contempla o assunto específico para investigação de UAS. O referido Manual está voltado para as técnicas e práticas para a investigação da aviação tripulada. Adicionalmente, um capítulo do Manual da ICAO aborda a investigação de helicópteros.

Com o propósito de suprir essa lacuna bibliográfica no cenário mundial, de forma pioneira, a International Society of Air Safety Investigators, comunidade internacional de investigadores, publicou no ano de 2015, um documento intitulado The Unmanned Aircraft System (UAS) Handbook and Accident/Incident Investigation Guidelines, o qual condensou as informações produzidas durante seis anos por um grupo de trabalho de especialistas.

Este grupo de trabalho estava focado em diversas tarefas, dentre elas determinar os sistemas de aeronaves não-tripuladas e suas operações que diferem das aeronaves existentes e identificar as capacidades de investigação adicionais que talvez precisem ser desenvolvidas ou tornadas mais robustas para apoiar a investigação de acidentes envolvendo RPAS.

Adicionalmente, em 2017, o grupo de trabalho da ISASI desenvolveu um documento intitulado Draft Content for ICAO Document 9756, Part III, com objetivo de ser uma proposta de literatura sobre investigação de UAS, a ser implementado como um novo capítulo no guia oficial de investigação da ICAO.

Considerando que há pouco material escrito cobrindo o assunto, os dois documentos da ISASI são amplamente referenciados no Capítulo 3. No entanto, na visão do Autor, as referidas publicações não esgotam o assunto sobre as práticas julgadas importantes na atividade de investigação deste segmento.

Percebe-se que os documentos da ISASI não estão organizados em capítulos bem segmentados, com assuntos de mesmo tema pulverizados em todas as partes dos documentos, dificultando o entendimento por parte do leitor. Principalmente a publicação de 2017, que possui abordagem bem mais ampla que o handbook publicado em 2015, as disposições das informações são confusas e repetitivas.

Considerações adicionais às publicações de referência da Sociedade Internacional de Investigadores tornaram-se oportunas, visto que algumas lacunas foram identificadas, principalmente no aspecto de investigação operacional e do fator humano.

O Autor considera destacar que os documentos da ISASI são excelentes fontes de boas práticas, mas não possuem foco totalmente voltado para a filosofia de investigação adotada no SIPAER. Tal fato corrobora a recomendação da ICAO para que cada país signatário desenvolva a sua própria regulamentação e estabeleça seus próprios Manuais.

De acordo com a filosofia SIPAER, este autor segmentou o processo de investigação nas áreas técnicas, operacionais e humanas. Destaca-se na Figura 4.1 uma visão global do escopo em áreas de investigação.

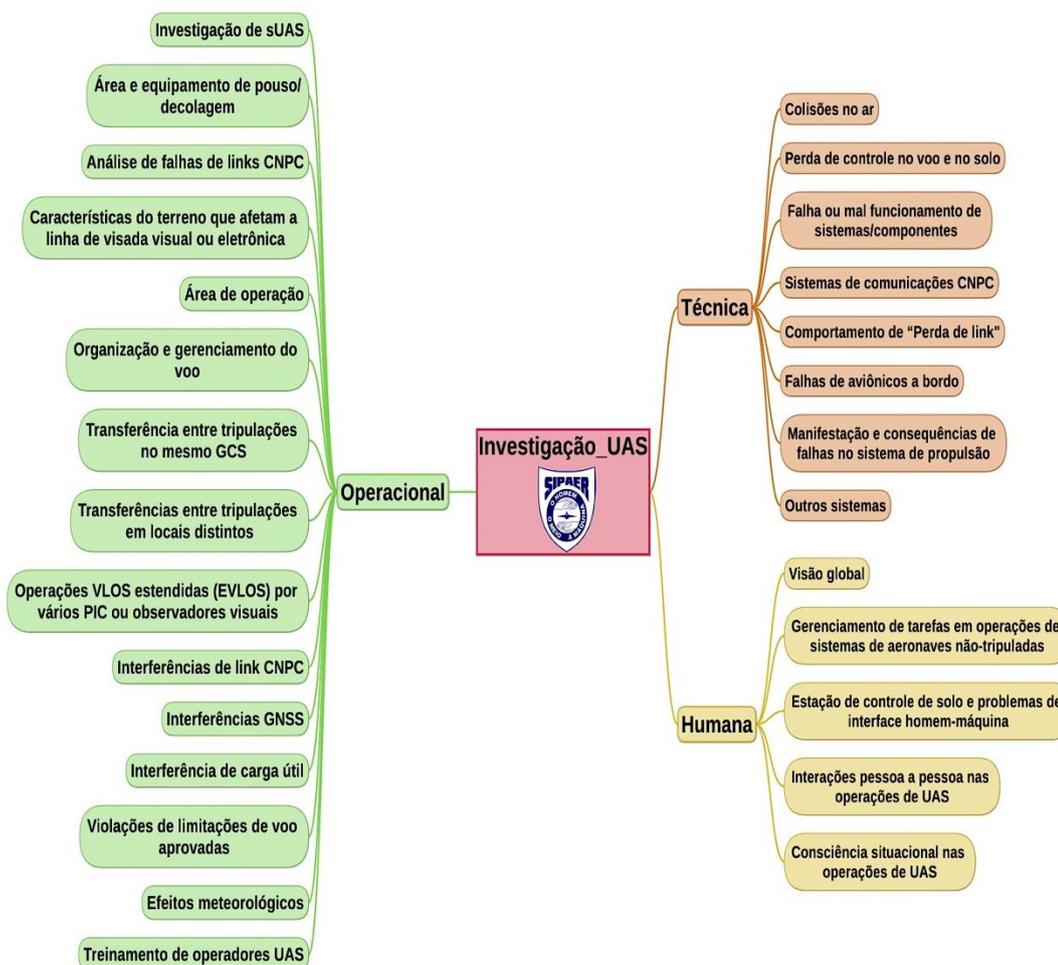


Figura 1.7 – Áreas de investigação de UAS numa visão SIPAER.

É importante destacar que um guia técnico de investigação deve buscar abranger todo o processo de forma macro, com *links* entre os assuntos, para dar uma visão global e sistêmica aos diversos profissionais que compõem uma comissão de investigação. A atividade de investigação é em sua grande maioria exercida por equipes multidisciplinares, por vezes com a participação de profissionais altamente especializados em assuntos específicos.

4.1 CONTEXTO REGULATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO SIPAER DE UAS

Como primeiro passo para o investigador, a primeira prioridade é entender a estrutura reguladora que governa as operações de UAS.

No Brasil, a operação de qualquer aeronave civil está sujeita as regras estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). O primeiro é responsável por regular e operar todo o sistema de tráfego aéreo e a segunda é responsável por regular e fiscalizar tripulantes (treinamento), aeronaves (aeronavegabilidade) e a infraestrutura aeroportuária. Observa-se assim que as funções exercidas pelo DECEA e a ANAC são complementares.

Adicionalmente, a certificação das frequências utilizadas no enlace de pilotagem, tanto de uplink quanto de downlink, é responsabilidade do Explorador/Operador do RPAS e deverá estar de acordo com as regulamentações da ANATEL (COMAER, 2018).

Conforme as regras do ar estabelecidas pelo DECEA, a ICA 100-40 determina que 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 operação 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. Os órgãos citados anteriormente possuem regras específicas, de acordo com as normas AIC-N 17/18, AIC-N 23/18 e AIC-N 24/18, do DECEA.

No Brasil, com relação aos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas, a ANAC emitiu em maio de 2017, um regulamento especial com regras gerais para o uso civil de aeronaves não-tripuladas no Brasil, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 (ANAC, 2017).

O regulamento reconhece que, popularmente, o termo utilizado para as aeronaves não-tripuladas é "drone", e os categoriza como: RPA, Aeromodelo ou Aeronave não-tripulada Autônoma.

Pelo regulamento da ANAC, aeromodelos são aeronaves não-tripuladas utilizadas para lazer. RPA são aeronaves não-tripuladas usadas para outros fins, como corporativo ou comercial. As aeronaves não-tripuladas autônomas, nas quais não há interferência do piloto durante o voo, não estão contempladas na norma e sua utilização continua proibida no Brasil.

Os aeromodelos estão dispensados de vários requisitos previstos no regulamento da ANAC, sendo que os voos ocorrem sob total responsabilidade do seu piloto, desde que observados, entre outros, os seguintes pontos:

- Somente os equipamentos com peso máximo de decolagem acima de 250 g precisam ser cadastrados na ANAC [...]
 - Está dispensada a avaliação de risco da operação [...]
 - Não há restrição quanto à idade mínima para operar aeromodelos.
 - Pilotos não precisam de documento emitido pela ANAC e são considerados devidamente licenciados, [...]
 - Não é obrigatório possuir seguro com cobertura de danos a terceiros.
 - É permitida a troca do piloto remoto em comando durante a operação.
 - Não é necessário registrar os voos.
- [...]
- Portar a certidão de cadastro nas operações com aeronaves com peso máximo de decolagem acima de 250 g.[...] (ANAC, 2017).

Com a ideia básica de que, quanto maior o peso da aeronave maior o potencial de risco que ela representa, o primeiro parâmetro que os reguladores no Brasil passaram a considerar foi o peso máximo de decolagem (PMD). Considerando, basicamente, que, quanto mais leve a aeronave, menor o risco que ela representa, conseqüentemente, mais simples devem ser os requisitos de operação.

Dessa forma, o Estado Brasileiro, assim como outros países que já possuem algum tipo de regulamentação, adotou uma divisão primária de RPAS por classes, em função do peso máximo de decolagem (BOERY, 2018).

No Brasil, segundo a ANAC (2017), as RPA estão divididas em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada.

- Classe 1 – RPA: peso máximo de decolagem maior que 150kg
- Classe 2 – RPA: peso máximo de decolagem maior que 25kg e até 150kg

- Classe 3 – RPA: peso máximo de decolagem de até 25kg.

Os exploradores/operadores de aeronaves não-tripuladas deverão garantir sua operação mediante a contratação de seguro e a realização de Avaliação de Risco Operacional para qualquer operação que não seja exclusivamente recreativa, conforme exigências previstas na Instrução Suplementar da ANAC, IS N° E94-003, de 2017.

Os requisitos envolvendo as RPA foram desenhados levando-se em consideração a divisão por classes, tendo, entre outros, os seguintes requisitos em comum:

- Somente os equipamentos com peso máximo de decolagem acima de 250g precisam ser cadastrados na ANAC [...]
- Só é permitido operar um único sistema de RPA por vez.
- É obrigatório possuir seguro [...]
- Fazer uma avaliação de risco operacional [...]
- É permitida a troca do piloto remoto em comando durante a operação.
- Operar apenas em áreas distantes de terceiros [...]
- Portar a certidão de cadastro junto a ANAC, o seguro, a avaliação de risco e o manual de voo do equipamento nas operações com aeronaves com peso máximo de decolagem acima de 250 g. [...] (ANAC, 2017).

Para as RPA Classe 3 (peso máximo de decolagem até 25 kg), operando na linha de visada visual (VLOS) e abaixo de 400 ft (120 m), não é necessário o registro dos voos e os pilotos não necessitam de documento emitido pela ANAC, sendo considerados devidamente licenciados. Para voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 ft acima do nível do solo, são necessários, entre outros, os seguintes requisitos adicionais:

- Obter registro junto à ANAC e portar um Certificado de Aeronavegabilidade Especial RPA (CAER) [...] Em situações específicas ou no caso de aeronaves com propósitos experimentais, o CAER pode ser substituído por um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) ou uma Autorização Especial de Voo (AEV). [...]
- Possuir e portar licença e habilitação emitidos pela ANAC [...] (ANAC, 2017).

Para as RPA Classe 2 (peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg), são necessários, entre outros, os seguintes requisitos adicionais:

- Obter registro junto à ANAC e um Certificado de Aeronavegabilidade Especial RPA (CAER). [...] Em situações específicas ou no caso de aeronaves com propósitos experimentais, o CAER pode ser substituído por um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) ou uma Autorização Especial de Voo (AEV).
- Portar o certificado de marca experimental ou o certificado de matrícula, o certificado de aeronavegabilidade válido, o comprovante do seguro, a avaliação de risco, o manual de voo do equipamento, a licença e a habilitação emitidos pela ANAC, bem como o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) [...]
- Registrar todos os voos. [...] (ANAC, 2017).

Para as RPA Classe 1 (peso máximo de decolagem maior que 150 kg), são necessários, entre outros, os seguintes requisitos adicionais:

- Obter registro junto à ANAC e um Certificado de Aeronavegabilidade (CA) padrão ou restrito. Nesse caso, o proprietário deverá seguir todos os procedimentos estabelecidos no RBAC n° 21. [...] Em situações específicas ou no caso de aeronaves com propósitos experimentais, o CA padrão ou restrito pode ser substituído por um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) ou uma Autorização Especial de Voo (AEV).
- Executar uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM) [...]
- Portar o certificado de marca experimental ou o certificado de matrícula, o certificado de aeronavegabilidade válido, o comprovante do seguro, a avaliação de risco, o manual de voo do equipamento, a licença e a habilitação emitidos pela ANAC, bem como o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) [...]
- Registrar todos os voos. [...] (ANAC, 2017)

À respeito da responsabilidade e autoridade do piloto em comando de RPAS, o RBAC-E n° 94 estabelece:

(a) E94.7 Responsabilidade e autoridade do piloto remoto em comando

O piloto remoto em comando de uma aeronave não tripulada é diretamente responsável pela condução segura da aeronave, pelas consequências advindas, e tem a autoridade final por sua operação (ANAC, 2017).

Sobre os requisitos para o PIC e o Observador, o RBAC-E nº 94 estabelece:

(b) E94.9 Requisitos para piloto remoto e observador

- (a) Todos os pilotos remotos e observadores de RPA devem ser maiores de 18 anos.
- (b) Todos os pilotos remotos de RPA Classe 1 ou 2 devem possuir um Certificado Médico Aeronáutico (CMA) de 1ª, 2ª ou 5ª Classe válido, conforme o parágrafo 67.13(g) do RBAC nº 67, ou um CMA de 3ª Classe válido emitido pelo Comando da Aeronáutica segundo a ICA 63-15.
- (c) Todos os pilotos remotos que atuarem em operações acima de 400 pés acima do nível do solo (Above Ground Level – AGL), ou que atuarem em operações de RPAS Classe 1 ou 2, devem possuir licença e habilitação emitida ou validada pela ANAC. A ANAC determinará, para cada tipo de operação, os critérios aceitáveis para a emissão da licença e habilitação apropriadas (ANAC, 2017).

De uma forma sintetizada, observa-se, na Tabela 4.1, um resumo das principais regras definidas pela ANAC.

	Aeromodelos	RPA - Classe 3 (até 25kg)	RPA – Classe 2 (maior que 25kg e até 150kg)	RPA – Classe 1 (maior que 150kg)
<i>Registro da aeronave na ANAC?</i>	<u>Sim</u> (acima de 250g)	<i>BVLOS: Sim</i> <i>VLOS: Sim</i> (acima de 250g)	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Aprovação / autorização do projeto pela ANAC?</i>	<i>Não</i>	<i>BVLOS: Sim</i> <i>VLOS: Sim</i> (acima de 400 pés)	<u>Sim</u> (acima de 400 pés)	<i>Sim</i>
<i>Certificado Médico?</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Licença e habilitação pela ANAC?</i>	<u>Sim</u> (acima de 400 pés)	<u>Sim</u> (acima de 400 pés)	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>

Tabela 1.1 – Resumo da regulamentação da ANAC

4.2 PROTOCOLOS DE INVESTIGAÇÃO DE UAS NO BRASIL

O Anexo 13 estabelece, como SARP, o critério que os acidentes envolvendo RPAS devem ser investigados, conforme definição de acidente que define que no caso de uma aeronave não-tripulada, toda ocorrência havida entre o momento que a aeronave está pronta para se movimentar, com a intenção de voo, até a sua parada total pelo término do voo, e seu sistema de propulsão tenha sido desligado e, durante os quais, pelo menos uma das situações abaixo ocorra:

- a) uma pessoa sofra lesão grave ou venha a falecer como resultado de:
- estar na aeronave;
 - ter contato direto com qualquer parte da aeronave, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido; ou
 - ser submetida à exposição direta do sopro de hélice, de rotor ou de escapamento de jato, ou às suas consequências. [...]
- b) a aeronave sofra dano ou falha estrutural que:
- afete a resistência estrutural, o seu desempenho ou as suas características de voo; ou
 - normalmente exija a realização de grande reparo ou a substituição do componente afetado. [...]
- c) a aeronave seja considerada desaparecida ou esteja em local inacessível (BRASIL, 2017b)

No Brasil, a NSCA 3-13 veio condensar informações e procedimentos de diversas Normas e passou a contemplar a definição para Acidente similar à definição constante no Anexo 13 da Convenção de Aviação Civil da ICAO, citada anteriormente.

Conforme visto até agora, a NSCA 3-13 (COMAER, 2017), cumpre o papel de normatizar os tipos de eventos que devem ser investigados.

Adicionalmente ao critério da NSCA 3-13 que estabelece que deve ser investigado acidente envolvendo RPAS citado anteriormente, a previsão de investigação da Norma também contempla alguns casos de acidentes e incidentes aeronáuticos graves, conforme:

[...] a investigação somente será realizada quando a RPA atender a requisitos de certificação, [...] no interesse do SIPAER [...], ou se houver o envolvimento em Incidente de Tráfego Aéreo de Risco Crítico com aeronave civil tripulada. (BRASIL, 2017b)

Ou seja, embora a Norma cite dois critérios específicos: RPA com requisitos de certificação; e o envolvimento em Incidente de Tráfego Aéreo de Risco Crítico, ela também criou a possibilidade de que outros eventos sejam investigados, desde que "no interesse do SIPAER".

De uma forma sintetizada, observa-se, na Tabela 3.2, um resumo das regras vigentes brasileiras que estabelecem os critérios nas quais os acidentes e incidentes graves envolvendo RPAS devam ser investigados.

A ANAC é responsável pela emissão de autorização de projeto do RPAS para operações VLOS e BVLOS. A fim de identificar as operações autorizadas para cada projeto, os investigadores podem efetuar consulta à Agência Nacional de Aviação Civil.

	Devem ser investigadas?		
	Critério de Certificação de Tipo ou outra aprovação de Projeto	Critério de Risco Crítico com aeronave civil tripulada (separação menor que 500 pés)	Critério de Interesse do SIPAER
Aeromodelos	<i>Não</i>	<i>separação seja menor que 500 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso seja interesse do SIPAER)</i>
RPA - Classe 3 (até 25kg)	<i>BVLOS: <u>Sim</u> VLOS: <u>Sim</u> (acima de 400 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso separação seja menor que 500 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso seja interesse do SIPAER)</i>
RPA – Classe 2 (maior que 25kg e até 150kg)	<i><u>Sim</u> (acima de 400 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso separação seja menor que 500 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso seja interesse do SIPAER)</i>
RPA – Classe 1 (maior que 150kg)	<i>Sim</i>	<i><u>Sim</u> (caso separação seja menor que 500 pés)</i>	<i><u>Sim</u> (caso seja interesse do SIPAER)</i>

Tabela 1.2 – Resumo dos protocolos de investigação RPAS no Brasil.

Com a finalidade de estabelecer mais especificamente quais critérios de acidentes e incidentes graves devem ser investigados pelos estados, existe uma proposta de Grupo de Trabalho da ICAO (*Working Group 8 - Painel Anexo 13*), de reedição do *Manual of aircraft accident and incident investigation, Part I, Chapter 1, Investigation Mandate*:

[...] *The State of Occurrence should institute an investigation into the circumstances of an unmanned aircraft accident if the unmanned aircraft has a Type Certificate or other design approval required by the State; or if a person is fatally or seriously injured; or if there was a high risk of a person being fatally or seriously injured. The State of Occurrence should institute an investigation into the circumstances of an unmanned aircraft serious incident if there was a high risk of a person being fatally or seriously injured. [...]*

Embora ainda não seja uma Norma e Prática Recomendada (SARP) efetivada, de acordo com a proposta citada anteriormente, entende-se que o caminho no qual o estado deva instituir a investigação envolvendo RPAS deva estar relacionado à aeronave que tenha Certificado de Tipo ou outra aprovação de projeto e o evento provoque lesão grave ou fatal ou possua alto risco de provocar.

Um passo seguinte importante para o investigador, após a ambientação profunda sobre os aspectos regulatórios e os protocolos de investigação no Brasil que envolvem os não-tripulados, é como proceder diante de um cenário de acidente recém ocorrido.

5 CONCLUSÃO

Embora a aviação não tripulada ainda esteja na fase inicial de incorporação ao espaço aéreo compartilhado e ainda não tenha ocorrido no Brasil um acidente aeronáutico catastrófico envolvendo UAS, é eminente que com a proliferação desses vetores a chance de ocorrer um acidente torna-se provável.

O estudo feito pela universidade australiana reportou 152 ocorrências envolvendo UAS, entre 2006 e 2018. Embora não tenha sido nenhum de grande repercussão.

A autoridade coreana investigou um acidente que vitimou fatalmente o seu PIC, publicando um relatório final à luz do Anexo 13, com 8 recomendações de segurança. O modelo do helicóptero, fabricado pela Yamaha, produziu centenas de unidades desse tipo. 04 (quatro) recomendações foram endereçadas a fabricante Yamaha, a fim de propor novas defesas e mitigar a possibilidade de novas ocorrências semelhantes. Outras 04 (quatro) recomendações foram destinadas à Osu Cooperativa de Agricultura, no sentido de criar uma regulação sobre a licenças de pilotos de RPAS.

O conhecimento técnico é fundamental para os investigadores. Para que a atividade seja desempenhada com qualidade e eficiência, os profissionais necessitam de constantes capacitações e estudos referente às novas tecnologias, efeitos e técnicas de operação.

O dinamismo tecnológico para enfrentar as barreiras impostas são vencidos quase que diariamente. Por esse motivo recomenda-se o constante estudo e atualização das técnicas mais adequadas para todos os processos de investigação.

REFERÊNCIAS

- ANAC. **RBAC-E nº 94**: Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil. Aprovada pela Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Brasília, DF, 2017a. Disponível em:<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2019.
- ANAC. Conexão internacional 02. **Conexão Internacional**, n. 2, Agosto 2017, 60 p. Disponível em:<http://www.anac.gov.br/A_Anac/internacional/publicacoes/revista-conexao-internacional/revista-conexao-internacional-ed2/view>. Acesso em: 18 mar. 2019
- ARAIB. **Aviation and railway accident investigation board, unmanned rotorcraft collision with pilot, osu agricultural cooperative, RMAX L17, S-7044**, Imsil-gun Jeollabuk-do, 3 August 2009, Ultralight Vehicle Accident Report ARAIB/UAR0903, Seoul, Republic of Korea.
- BOANOVA FILHO, J. L. Aeronaves não tripuladas no Brasil e sua regulação. **Revista Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial**, n. 96, p. 49-51, dezembro 2014.
- BOERY, M. N. d. O. **Investigação de acidentes aeronáuticos envolvendo aeronaves remotamente pilotadas: uma análise dos protocolos do Estado Brasileiro**. 2018. 95f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Aeroespaciais) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2018.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Campanha de testes mostra que inspeção em voo usando RPAs pode se tornar realidade. 2019. Disponível em:<https://www.decea.gov.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=campanha-de-testes-mostra-que-inspecao-em-voos-usando-drones-pode-se-tornar-realidade> Acesso em: 03 ago. 2019.
- BRASIL. Força Aérea Brasileira. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - **O que fazemos**. 2012. Disponível em:<<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/o-cenipa>>. Acesso em: 22 fev. 2019.
- BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o código brasileiro de aeronáutica. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 20 dez. 1986.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **ICA 100-40**: Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. Rio de Janeiro, RJ, 2018. Disponível em:<<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4510>>. Acesso em: 06 fev. 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **MCA 3-6**: Manual de Investigação do SIPAER. Brasília, DF, 2017. Disponível em:<<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/mca-manual-do-comandodaeronautica?download=154:mca-3-6-2017>>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- BRASIL Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **NSCA 3-13**: Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo estado brasileiro. Brasília, DF, 2017b. Disponível em:<<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/nsca-norma-do-sistema-docomando-da-aeronautica?download=112:nsca3-13>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. 2 reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.
- ICAO. **Annex 13**: Aircraft accident and incident investigation. 11. ed. Montreal: ICAO, 2016.
- ICAO. **DOC 9756-AN/965**: Manual of aircraft accident and incident investigation. Part 3. 1. ed. Montreal, Canadá: ICAO, 2011.
- ICAO. **DOC 10019-AN/507**: Manual on remotely piloted aircraft systems (RPAS). First Ed. Montreal, Canadá: ICAO, 2015.
- ICAO. **State of global aviation safety**. Special Edition. Montreal, Canadá: ICAO, 2011.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF AIR SAFETY INVESTIGATORS (ISASI). **Unmanned aircraft systems working group**. 2017. Draft Content for ICAO Document 9756, Part III, Chapter XX, Unmanned Aircraft Systems Investigation. Sterling-VA, USA, 2017.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF AIR SAFETY INVESTIGATORS (ISASI). **Unmanned aircraft system – handbook and accident/incident investigation guidelines**. 2015. Sterling, Virginia, Estados Unidos da América, 2015.
- MACEDA, C. **Emirates to offer chauffeur-less drones with fully-enclosed first class private suites?**: New transport service to take passengers around Dubai and to international airport. April 2019. Disponível em: <<https://gulfnews.com/business/aviation/emirates-to-offer-chauffeur-less-drones-with-fully-enclosed-first-class-private-suites-1.1554093761355>>. Acesso em: 07 jul. 2019.
- MEDIUM. **Novo drone de carga da Boeing pode transportar mais de 200kg**. janeiro 2018. Disponível em: <<https://medium.com/futuro-exponencial/novo-drone-de-carga-da-boeing-pode-transportar-mais-de-200-kg-8642e60b9019>>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- PESTANA, M. **Introduction to remotely piloted aircraft systems**. USC. Los Angeles: University of Southern of California, 2018.
- SAP. **Drones**: o futuro do transporte de cargas. 12 janeiro 2018. Disponível em: <<https://news.sap.com/brazil/2018/01/drones-o-futuro-do-transporte-de-cargas/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- WILD, G.; *et al.* A post-accident analysis of civil remotely-piloted aircraft system accidents and incidents. **Journal of Aerospace Technology Management**, v. 9, n. 2, p.157-168, Apr.-Jun., 2017.