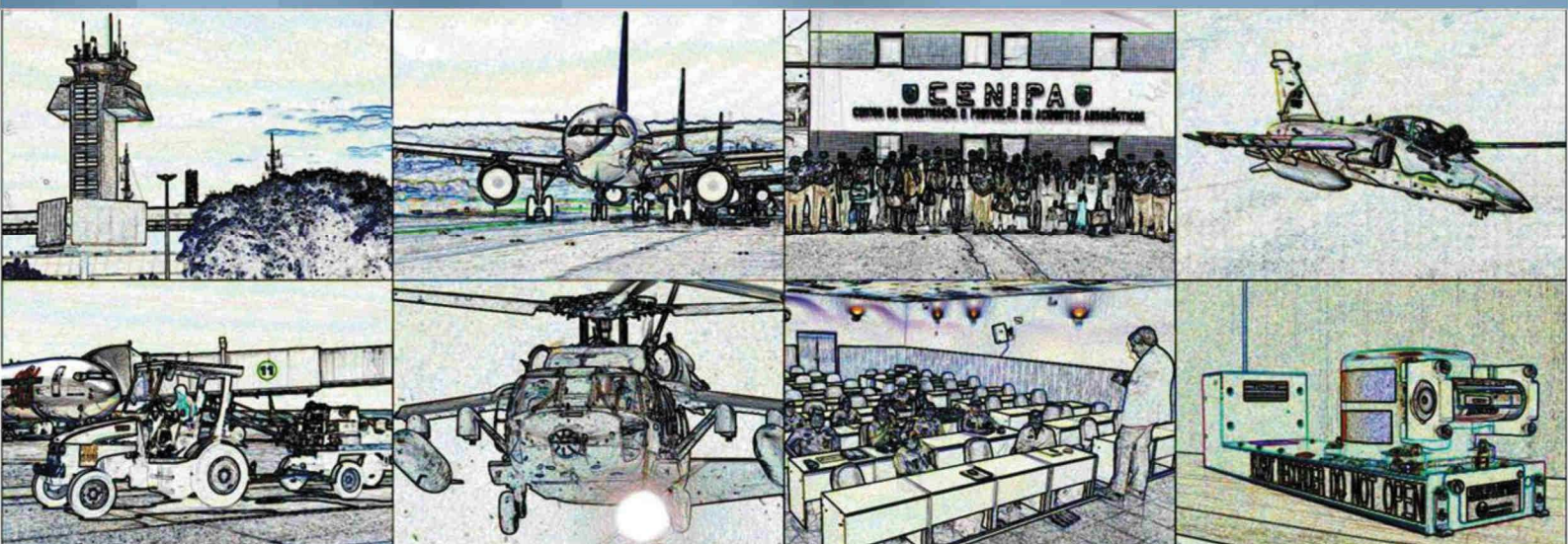


# CONEXÃO SIPAER



Revista Científica de Segurança de Aviação



**Revista Conexão SIPAER**

Volume 10 - Número 1

Jan/Abr 2019

## **Conexão SIPAER**

A Revista Conexão SIPAER é uma publicação científica periódica, editada eletronicamente pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos com o objetivo de promover a disseminação da informação técnico-científica produzida por pesquisadores e profissionais da área da Ciência Aeronáutica e ciências afins, voltada para a Segurança de Voo, com foco nas atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos.

### **Endereço postal**

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA  
SHIS – QI 05 – Área Especial 12  
VI COMAR – Lago Sul  
Brasília – DF  
BRASIL  
CEP: 71.615-600

### **Contato**

Telefone: +55(61)3364-8828  
Fax: +55(61)3365-1004  
E-mail: [conexaosipaer@gmail.com](mailto:conexaosipaer@gmail.com)

### **WEBPAGE**

<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/index>

O conteúdo e as opiniões expressas nos textos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. O periódico terá direitos autorais reservados sobre os trabalhos publicados sendo permitida a reprodução ou transcrição com a devida citação da fonte.

Nenhum conceito emitido deve ser utilizado diretamente na atividade aérea caso contrarie legislação, regulamentação ou manual de voo emitido ou certificado por autoridade competente.

R747

Revista Conexão SIPAER / Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. v. 10, n. 1 (Jan. 2019), Brasília: CENIPA, 2019.

Quadrimestral

Modo de acesso: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer>

ISSN: 2176-777 (versão on-line)

1. Ciências Aeronáuticas. 2. Segurança de Voo. I. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

CDU 355.354

# SUMÁRIO

## *Editorial*

Apresentação	1
Adriana de Barros Nogueira de Mattos	

## *Artigos Científicos*

Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso	2-14
Thiago de Souza Beté	
A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades	15-30
Vinícius Cabrini dos Santos Guilherme Amaral da Silveira	
Nuvens de cinzas vulcânicas e a aviação de grande porte: seus potenciais efeitos na atividade aérea	31-44
Natan de Oliveira Lemes Anna Paula Bechepeche	
Redução na emissão de dióxido de carbono (co2) através da implementação de biocombustíveis na aviação comercial brasileira	45-55
Nathan Fraga Ribeiro Elones Fernando Ribeiro	
A utilização do ffs shefe como ferramenta de segurança de voo: estudo sobre o curso de piloto de aeronaves 2018	56-61
Antônio Ricardo Pinheiro Cintra	

## *Notas*

Benefícios da utilização da plataforma open street map – osm no planejamento de navegações aéreas militares a baixa altura	62-64
Ulisses Guidone	
Dificuldades em serviço na aviação civil brasileira – panorama de 2018	65-101
Rogério Possi Junior	

## Apresentação

Adriana de Barros Nogueira de Mattos <sup>1,2</sup>

1 Editora Gerente da Revista Científica Conexão SIPAER

2 [conexaosipaer@gmail.com](mailto:conexaosipaer@gmail.com)

---

*O desafio para produzir conteúdo voltado para a Segurança de Voo requer talento, disciplina e sensibilidade.*

*Este volume 1, de 2019, é produto de uma jornada que se iniciou em dezembro do ano passado e teria sido, simplesmente, impossível iniciar ou completar a tarefa sem o apoio, o comprometimento e a dedicação da nossa equipe editorial.*

*Também não posso esquecer que fomos agraciados pela generosidade e persistência dos nossos autores, pois aguardaram pacientemente pela publicação de seus trabalhos.*

*Por fim, agradeço aos leitores que, ao recorrerem à Revista Conexão SIPAER, passam a incorporar novos conceitos e, principalmente, passam a disseminar novos conhecimentos relacionados à Segurança de Voo.*

*Que todos possam ter uma feliz e proveitosa leitura!*

Adriana Mattos,

Editora-Gerente da RCS.

---

# Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso

Thiago de Souza Beté<sup>1,2</sup>

1 Mestrando em Cidades Inteligentes e Sustentáveis (UNINOVE). Especialista em Segurança de Voo e Bacharel em Aviação Civil (Anhembi Morumbi).

2 [bete.souza.thiago@gmail.com](mailto:bete.souza.thiago@gmail.com)

---

**RESUMO:** O presente artigo tem como finalidade trazer ao conhecimento da sociedade a importância de um Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) para Veículos Aéreos Não Tripulado (VANT), mais conhecido no mundo pelo nome genérico de “Drone”. A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) definiu o VANT em sua nomenclatura como *Remotely-Piloted Aircraft* (RPA) OACI (2018) e a *Federal Aviation Administration* (FAA) seguiu a designação de *Unmanned Aircraft* (UA) FAA (2016), da qual ambas terminologias definem o conceito de aeronaves não tripuladas. Diante das possibilidades de utilização de um drone a serviço da sociedade, foram observadas três situações: risco, investimento e atos ilícitos. Situações que se conectam com a regulamentação, exigindo do órgão aeronáutico estudos sobre a nova tecnologia. A metodologia utilizada foi a pesquisa histórica e coletas de dados por meio de estudos bibliográficos nacionais e internacionais, considerando os aspectos da criação do VANT nos moldes atuais de seu desempenho e sua regulação. Este estudo contribuiu com informações sobre a utilização do VANT trazendo ao conhecimento do público a importância de um regulamento de aviação civil para as aeronaves não tripuladas.

**Palavras Chave:** Aviação, Drones, Regulamentos, *Unmanned Aircraft*, VANT

## Drones: a small historical and the consequences of its use

**ABSTRACT:** The purpose of this article is to make known to society the importance of a Brazilian Civil Aviation Regulation (RBAC) for Unmanned Aerial Vehicles (VANT), better known in the world by the generic name of "Drone". The International Civil Aviation Organization (ICAO) defined the UAV in its Nomenclature as *Remotely-Piloted Aircraft* (RPA) ICAO (2018) and the Federal Aviation Administration (FAA) followed the designation of *Unmanned Aircraft* (UA) FAA (2016) of which both terminologies, define the concept of unmanned aircraft. Given the possibilities of using a drone in the service of society, three situations were observed: risk, investment and illegal acts. Situations that connect with the regulation requiring the aeronautical body studies on the new technology. The methodology used was the historical research and data collection through national and international bibliographic studies, considering the aspects of the creation of the UAV in the current molds of its performance and its regulation. This study has provided information on the use of the UAV by bringing to the attention of the public the importance of a civil aviation regulation for unmanned aircraft.

**Key words:** Airplane, Drones, Regulations, *Unmanned Aircraft*, VANT

**Citação:** Beté, TS. (2019) Drones: um pequeno histórico e as consequências do seu uso. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, Nº. 1, pp. 2-14.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, é comum que sejam divulgados o termo e o conceito de veículos aéreos não tripulados, referindo-se aos drones como assunto recente. Porém o termo pode ter sido já utilizado no século 19, com balões austríacos sem tripulação, os quais carregavam explosivos para atacar alvos na cidade de Veneza, “Itália”, isso bem antes da Primeira Guerra Mundial (EDMUNDO UBIRATAN, 2015).

Em 1915, foi descrito pelo engenheiro Nikola Tesla um estudo sobre o potencial militar de uma frota de veículos aéreos não tripulados (id., 2015).

Nessa inspiração, os drones foram idealizados para fins militares, pois existia uma enorme vantagem na sua utilização, com possibilidades de efetuar missões perigosas, sem colocar nenhuma vida em risco (BUZZO, 2015).

Assim, em meados de 1942, em plena Segunda Guerra Mundial, os cientistas e engenheiros alemães criaram uma bomba voadora sem tripulação; com asas, lemes e propulsão própria, a fim de atingir alvos inimigos com objetividade, sendo chamada de “aviãozinho sem tripulação” ou “Torpedoaéreo”, e lançada na guerra como a Bomba V-1. Seu rumo de voo era sempre determinado pelo local de lançamento, ou pela quantidade de combustível que teria em seu tanque (BRANT, 1967).

Citando sobre a primeira definição de aeronave, segundo Oliveira e Pontes (2010), a Convenção de Paris em 1919 definia o conceito de aeronave como “qualquer aparelho capaz de sustentar-se na atmosfera graças à reação do ar”, onde anos mais tarde, na Convenção de Chicago em 1944, foi acrescentada, no anexo 7, a palavra “dispositivo”, e assim ficou: “a aeronave é qualquer aparelho ou dispositivo”.

Por outro lado, em 1967, a Organização de Aviação Civil adotou uma nova definição de aeronave: “Aeronave é qualquer máquina que consiga uma sustentação na atmosfera devido às reações do ar, para além das reações do ar contra a superfície da terra” (OLIVEIRA; PONTES, 2010).

O Brasil assinou a Convenção de Chicago no dia 7 de dezembro de 1944, mas somente em 11 de setembro de 1945, foi ratificado com o decreto de Lei 7.952. Esse mesmo decreto foi retificado no ano seguinte, exatamente no dia 26 de março de 1946 e exclusivamente divulgado pelo Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946 (MIRANDA, 2013).

No entanto, em 19 de dezembro de 1986, o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) deixa previsto no artigo 106 da Lei nº 7.565 que a definição de aeronave é:

Considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas (BRASIL, 1986).

Dessa forma, apesar da nomenclatura ou definição do conceito de aeronave, com o passar dos anos, a bomba V-1 foi o marco inspirador na história dos drones, sendo que na Segunda Guerra Mundial, mais de 1000 bombas V-2, decorrentes da evolução da bomba V-1, foram utilizadas (BUZZO, 2015).

Nos Estados Unidos em 1951, o primeiro drone moderno surgia pela empresa *Ryan Aeronautical Company*, que desenvolveu um jato destinado a servir como alvo aéreo para os militares norte-americanos, e para treinamento dos seus pilotos de caças (EDMUNDO UBIRATAN, 2015).

Os veículos aéreos não tripulados foram utilizados em missões reais em 1959, sendo empregados na espionagem americana, porém o governo dos Estados Unidos apenas admitiu a sua utilização em 1973, pela Força Aérea Americana (YOLA, 2015).

Por ocasião da Guerra Fria e da do Vietnã, foram lançados drones de plataformas que lembravam a bomba V-1 da Segunda Guerra e de aeronaves tripuladas como o DC-130 Hércules adaptado, transportando até quatro unidades dos drones, onde o seu posto de controle era de uma outra aeronave DC-130, por meio de controle rudimentar chamado data link (EDMUNDO UBIRATAN, 2015).

Na década de 60, no auge da guerra fria, os soviéticos abateram uma aeronave tripulada de espionagem, Lockheed U-2 da força aérea americana, e em Cuba em 1962, outro U-2 fora abatido pelo exército cubano. Assim foram empregadas as aeronaves Blackbird (A-12 e SR-71), ambas tripuladas e com desenvolvimento tecnológico da época, porém havia um alto risco de se perder uma aeronave com tecnologia militar em território inimigo (id., 2015).

O governo americano decidiu desenvolver a aeronave não tripulada Lockheed D-2 para reconhecimento supersônico, que seria lançada de uma aeronave SR-71, contudo, após um acidente nos testes, a aeronave D-2 foi lançada de uma aeronave tripulada B-52, sendo bem-sucedida nos ensaios de voo. Entretanto seu programa foi cancelado em 1971, pois havia o surgimento da tecnologia dos satélites de espionagem (EDMUNDO UBIRATAN, 2015).

No Brasil, em 1983, a aeronave não tripulada BQM1-BR era fabricada pela extinta Companhia Brasileira de Tratores (CBT) e funcionava à propulsão a jato e servia como alvo aéreo Yola (2015). Já em 1994, nos Estados Unidos, houve o desenvolvimento de vários drones carregados com armas, e surgiu pela primeira vez a aeronave *Predator*. Oficialmente o Governo Americano diz tê-la utilizado em missões “apenas em 2001”, na Guerra no Afeganistão, após os atentados de 11 de setembro. Embora a máquina voe como uma aeronave, ela não necessita de tripulação, mas localiza o alvo e lança o míssil retornando para a base, assim nascia o primeiro Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) no mundo, capaz de realizar uma missão extracontinental.

A fabricante *General Atomics* especifica que a autonomia da aeronave *Predator* é de até 24 horas de voo, alcançando a velocidade máxima de 220 km/h a uma altitude de 7,6 mil metros. Tais dados servem para exemplificar que aeronave, em total operação, tem condições de transportar e disparar mísseis do modelo *Hellfire*, mostrando para o mundo que as Forças Armadas Americanas obtêm de uma poderosa arma de precisão. A nomenclatura oficial do míssil era AGM-114, com a AGM representando “*anti-tank guided missile*” ou simplesmente míssil teleguiado antitanque. Seu nome oficial era *Heliborne-Launch mísseis Fire-and-Forget*. Mas para os que estavam familiarizados com ele, o míssil era conhecido por um acrônimo que descrevia o que ele entregava “*Hellfire*”, ou por sua tradução “Fogo do inferno” (RICHARD WHITTLE, 2015).

A aeronave foi vista em missões no Paquistão, no Iêmen, na Somália, no Afeganistão e anos seguintes nos territórios palestinos. Algumas das operações não eram oficiais e não foram admitidas pelo governo americano (id., 2015), que a batizaram de “MQ-1 *Predator*”, sendo considerada um ícone na aviação não tripulada devido à sua facilidade de operação e confiabilidade (AVI.PRO, 2015).

Após o ataque terrorista de “11 de setembro de 2001” o governo americano empreendeu muitos ataques antiterroristas em várias cidades do mundo. Foi a partir desses ataques que as aeronaves não tripuladas foram estratégicas nas operações militares (KUCHAK, 2013).

Em 2001 havia 50 modelos de aeronaves *Predator*, em 2013 já ultrapassavam cerca de 800 aeronaves de ataque em operações militares na ativa pelo mundo a fora. Deve-se considerar que na mesma época, se somar a quantidade de aeronaves não tripuladas de ataque e as aeronaves menores de reconhecimento, a defesa aérea americana controlava 7,5 mil VANT. Uma situação quase igual com as aeronaves militares tripuladas que na ativa somavam um pouco mais de 10,7 mil aeronaves (id., 2013).

De modo geral existem muitos estudos sobre os veículos aéreos não tripulados ao redor do mundo. Contudo, em 2007 um projeto na cidade de São José dos Campos, interior do Estado de São Paulo, Brasil, chama a atenção pela proposta de construir um VANT hipersônico, batizado de “14-X” em homenagem a aeronave 14-bis (AVIAÇÃO.ORG, 2013).

O veículo está sendo desenvolvido pelo Instituto de Estudos Avançados da Força Aérea Brasileira (IEAv) e servirá de acesso ao espaço, com aplicações de lançamento de satélites. Seu comprimento é de 2 metros e sua envergadura 83 centímetros, envolvendo na construção materiais como carbono, tungstênio e liga de aço, pesando 250 kg (id., 2013).

O governo americano mantém em desenvolvimento um projeto muito parecido com o do Brasil. Para atender aos requisitos da Força Aérea Americana (USAF), a empresa fabricante de aeronaves, *Boeing Integrated Defense Systems* e as de motores, *Pratt & Whitney* e a *Rocketdyne*, criaram um consórcio se unindo a *National Aeronautics and Space* (NASA) da qual ela fica a cargo da liderança do desenvolvimento do projeto (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2016).

O programa iniciado em 2003, pelo laboratório de pesquisa da Força Aérea dos Estados Unidos (AFRL), teve a aeronave batizada em 2005 de “X-51”, e entre os anos de 2011 e 2012, realizaram voos hipersônicos apresentando falhas de controle operacional do VANT. Porém, no último teste a aeronave voou por 200 segundos após o lançamento a uma velocidade de *Mach 5*, que equivale a 5.963.4 km/h ou 3.705.4850 milhas por hora. A aeronave pesa 1.814 kg e tem seu comprimento de 7,9 metros, atingindo sua velocidade máxima de 8.575 km/h com máxima altitude de 15.240 metros (id., 2016).

Apesar de os projetos serem muito parecidos, é evidente que a USAF está muito à frente por terem realizados testes de voos, ao contrário da Brasileira IEAv, que se encontra com o projeto no estágio de fabricação e desenvolvimento para pré-voos. Para os americanos, o projeto faz parte de uma análise e previsões do mercado global de aeronaves militares não tripuladas de 2011 até 2021.

Nos dias atuais, segundo Buzzo (2015), a popularização dos pequenos drones tem se revelado de grande importância; de aeronaves antes utilizadas apenas em serviços militares, hoje os drones passaram a ter uma vasta empregabilidade, seja na construção civil, em reportagens de televisão, ou transporte de cargas e pessoas, entre diversos outros usos. Assim, pode-se dizer que a história dos drones não acabou, mas apenas começou. Já Halpern (2016) supõe que realmente no futuro o VANT estará a serviços da sociedade, seja para espionagem, fotografias ou fazendo entregas de mercadorias (HALPERN, 2016).

Em 2014, houve a explosão no mercado brasileiro, segundo Varella (2016) “Os drones invadem os negócios” com as pequenas aeronaves voando em todos os sentidos, e haja lei que os permita ou não, eles continuaram a voar bem mais alto. Muitos países já têm uma regulamentação específica para a nova tecnologia. Pode-se citar Brasil, Estados Unidos, Europa e Argentina, como exemplos.

Atualmente temos veículos aéreos não tripulados voando em setores da indústria, agricultura, pecuária, energia, aeroespacial, segurança, logística, florestamento, fotografia, imobiliário, cartografia, monitoramento e vigilância; monitoramento de furacões, resgate, combate ao crime, monitoramento do clima, combate a incêndios, inspeções de plataforma de petróleo, patrulha de fronteiras e ajuda a pessoas necessitadas em locais de difícil acesso, do qual isso demonstra o potencial da utilização dos veículos aéreos não tripulados no planeta.

Mesmo com toda essa gama de serviços e utilidades, os veículos aéreos não tripulados vêm com a falta de segurança aérea “SAFETY”, dos quais só mostra que o perigo de acidentes e incidentes aumenta devido à falta de uma regulamentação. Quem os utiliza fora do regulamento pode estar operando as aeronaves, de forma incorreta, pois podem afetar a vida humana, causando ocorrências graves, criando prejuízos materiais “financeiros” e, inclusive, podendo provocar atos ilícitos contra a sociedade.

Assim, o Brasil apresenta uma regulamentação especial para veículos aéreos não tripulados que se mantém nos moldes das premissas básicas da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), compondo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94) para os Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos.

## 2 METODOLOGIA

Este artigo tem como foco a pesquisa descritiva e exploratória, pois o objetivo é reunir e analisar os dados a respeito da regulamentação dos Veículos Aéreos Não Tripulados e sua integração na sociedade de forma segura.

A natureza descritiva e exploratória do presente artigo, se caracteriza de acordo com Nunes, Nascimento e Alencar (2016), pelo processo de o estudo não interferir sobre os fatos descritos e, segundo Koche (2011), que a exploratória identifica e explora as possibilidades para desencadear as investigações variáveis, expondo a nova tecnologia e seu uso na sociedade, caracterizando um método qualitativo.

Considerando a classificação de pesquisa proposta por Vergara (1998), sobre quanto aos fins e aos meios, o primeiro trata-se de uma pesquisa descritiva do qual se planeja expor as particularidades do VANT, como metodologia de cunho sustentável, social e tecnológico, demonstrando a sua finalidade neste artigo.

Quanto aos meios utilizados na pesquisa, foi necessário explorar a pesquisa bibliográfica, experimentando como fundação teórica os periódicos, publicações acadêmicas, revistas, artigos de internet sobre o tema pesquisado. Também se utilizou na pesquisa os documentos e relatórios de âmbito público do tema proposto como o estudo do governo brasileiro e de empresas fabricantes e fornecedoras de serviço do VANT.

Hair, Babin, Money e Samouel (2005) propuseram que a metodologia exploratória é eficaz quando existe pouca teoria disponível, assim o tema VANT é condizente com um assunto em destaque atualmente, sendo explorado por muitos

pesquisadores por ser uma tecnologia nova na sociedade e, como prova disso, é a própria regulamentação da utilização do VANT ter sido aprovada em 2017, no Brasil.

A pesquisa exploratória, neste artigo, permitiu apresentar uma melhor compreensão do problema exposto, utilizando a inovação para colher novas ideias, percepções, comportamentos e necessidades dos consumidores, que buscam um método seguro para aplicar o VANT. Para isso será exposto a terminologia, legislação e regulamentação.

## 2.1 TERMINOLOGIA DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS

Segundo o CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, a maneira como dizemos ou escrevemos o “Drone” é vaga e pouco específica, devido a sua popularização e difusão nos Estados Unidos como um aparelho que tem o som de “Zumbido” como se fosse uma “Abelha Zangão”. Sua propagação foi caracterizada como qualquer objeto voador não tripulado, tendo o seu objetivo como civil, respeitando o amadorismo e o profissionalismo, além de ter aparelhos servindo os militares. Aqui no Brasil a designação popularizada da palavra “Drone” não tem sustento técnico ou legal em legislação (CENIPA, 2016).

A Força Aérea Brasileira (FAB) usa a terminologia (VANT), sendo a oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo, para definir este escopo de atividade. Segundo a legislação pertinente, Circular de informações Aéreas (AIC N 21/10), caracteriza-se como VANT, toda “[...] aeronave projetada para operar sem piloto a bordo”.

Dessa forma, o VANT é caracterizado como não recreativo, pois possui carga útil embarcada. Nem todo drone pode ser considerado um VANT, até porque as aeronaves utilizadas com o *hobby* ou esporte enquadram, por definição legal, na legislação de aeromodelos na portaria DAC nº 207.

Dessa forma, existe uma diferença dos quais são consideradas aeronaves recreativas como os aeromodelos e não recreativo como os Veículos Aéreos Não Tripulados, sendo utilizados como aeronaves para missões. Ressaltando que existem Veículos Aéreos Não Tripulados autônomos dos quais não necessitam de controladores em solo e os não autônomos que necessitam de controladores no solo. (FAB, 2015).

Já a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) definiu que toda aeronave sem piloto humano a bordo e que seja controlada a partir de um operador em solo, seja definida como um *Remotely-Piloted Aircraft* (RPA), e seu sistema de *Remotely-Piloted Aircraft Systems* (RPAS), a exemplo do conjunto da aeronave e o piloto em solo.

Esse sistema define todos os recursos operacionais que fazem a aeronave voar, sejam eles a estação de pilotagem remota, link ou estação de comando que possibilita um controle da aeronave, seus equipamentos de apoio e a própria aeronave. O órgão também entende que existe o VANT “Autônomo”, o qual não permite uma intervenção externa do piloto em solo, durante o voo. Porém seu uso é proibido pela mesma organização (OACI, 2016).

Os Estados Unidos, segundo a *Federal Aviation Administration* (FAA), mantêm a nomenclatura dos *Unmanned Aircraft* (UA) e *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), prevalecendo a mesma definição da OACI.

No dia 21 de junho de 2016, a FAA criou o *Summary Of Small Unmanned Aircraft Rule* (PART 107), entrando em vigor, no dia 29 de agosto de 2016, o *Operation and Certification of small Unmanned Aircraft Systems*. Assim, a FAA criou um regulamento para permitir as operações de aeronaves não tripuladas no Sistema Nacional do Espaço Aéreo (FAA, 2016).

A Argentina adota a *Administración Nacional de Aviación Civil* (ANAC), do qual se utiliza o termo VANT para aeronaves não tripuladas, porém já existe um *Reglamento Provisional de los Vehículos Aéreos no Tripulados* (VANT), com a *Resolución* da ANAC argentina nº 527/2015, pelo qual a tendência é seguir o modelo da FAA, com a nomenclatura *Unmanned Aircraft* (UA) e *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), (ANAC, 2016).

A *European Aviation Safety Agency* (EASA) considera válidas ambas as nomenclaturas de RPA, RPAS, UA e UAS, contudo há um regulamento (CE) nº 216/2008 que é utilizado para aplicações civis em aeronaves que tiverem massa operacional acima de 150 kg e limita a utilização do sistema de aeronaves não tripuladas ou nomeadamente os sistemas pilotados remotamente, como o VANT e seu sistema.

A EASA entende que existem VANT militares e civis, dos quais os civis abaixo de 150 kg, configuram modelos de aeronaves menores, “aeromodelos” e que são regulados por Estados Membros da União Europeia, pela *Directiva* 2009/48/ CE (EASA, 2016).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) define, no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94), as diretrizes e requisitos gerais para veículos aéreos não tripulados e aeromodelos, em que “[...] (1) Aeromodelo significa toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação; (2) Aeronave Remotamente Pilotada (*Remotely-Piloted Aircraft* – RPA significa o VANT, destinado à operação remotamente pilotada”, (RBAC-E Nº 94, 2016).



## 2.2 LEGISLAÇÃO PARA OPERAÇÃO DE VANT NO BRASIL

Segundo o PORTAL BRASIL (2015) site do Governo do Brasil “Defesa e Segurança”, a Força Aérea esclarece normas de voo do VANT, no Brasil, e diz que não existe uma regulamentação específica para veículos aéreos não tripulados que englobe todos os usos, características, funções, necessidades, restrições, aplicabilidade, funcionalidades, perigos e riscos.

Existe uma Circular de Informações Aeronáuticas AIC N 21/10 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS que trata das premissas básicas de uma Aeronave Remotamente Pilotada *Remotely-Piloted Aircraft* (RPA) ou VANT. Para se ter uma autorização de voo com um VANT, deve ser solicitado a ANAC, o Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) respeitando o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 21 (RBAC-21) que trata de Certificação de produto Aeronáutico.

A Instrução Suplementar 21-002 Revisão A, intitulada de Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados, orienta a emissão do CAVE para o VANT com o propósito de pesquisa, desenvolvimento, treinamento de tripulações e pesquisa de mercado (PORTAL BRASIL, 2015).

A fundamentação da IS 21-002, incide no art. 114 da Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, CBAer.

Dispõe que nenhuma aeronave poderá ser autorizada para voo sem a prévia expedição do correspondente Certificado de Aeronavegabilidade – CA que só será válido durante o prazo estipulado.

O art. 8º, XXXI da Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005, diz que:

Dispõe que a competência para emissão de CA cabe à ANAC como autoridade de aviação civil.

A resolução nº 162, de 20 de julho de 2010 estabelece, em seu art. 14, que a ANAC pode emitir IS para esclarecer, detalhar e orientar a aplicação de requisito previsto em RBAC (BRASIL, 2012). Tais leis só demonstram a importância da regulamentação, devido à operação das aeronaves não tripuladas, do qual o operador deve obter um certificado de aeronavegabilidade, para certificar seu uso de forma correta e segura, dentro dos padrões de segurança.

A autorização de voo de um RPA sob o uso com fins lucrativos não é caracterizada como experimental, porém deve ser encaminhado um requerimento à ANAC demonstrando o nível de segurança do projeto e da operação pretendida, para que a ANAC analise caso a caso. Além dos certificados ou requerimentos solicitados à ANAC, o operador também deverá solicitar uma autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), exatamente como se fosse uma aeronave tripulada (PORTAL BRASIL, 2015).

Desse modo o Brasil mantém um quadro normativo seguindo os moldes da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), passando pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94) para os Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos.

## 2.3 REGULAMENTAÇÃO DE VANT

A regulamentação para aeronaves remotamente pilotadas está no formato do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94) para os Veículos Aéreos Não Tripulados e Aeromodelos (BRASIL, 2015).

A premissa para a regulamentação é de viabilizar operações desde que a segurança das pessoas possa ser preservada, minimizando o ônus administrativo e burocrático, permitindo a evolução conforme o setor está se desenvolvendo.

As aeronaves poderão ser classificadas como Civis e Militares, conforme a figura 1, da seguinte forma:

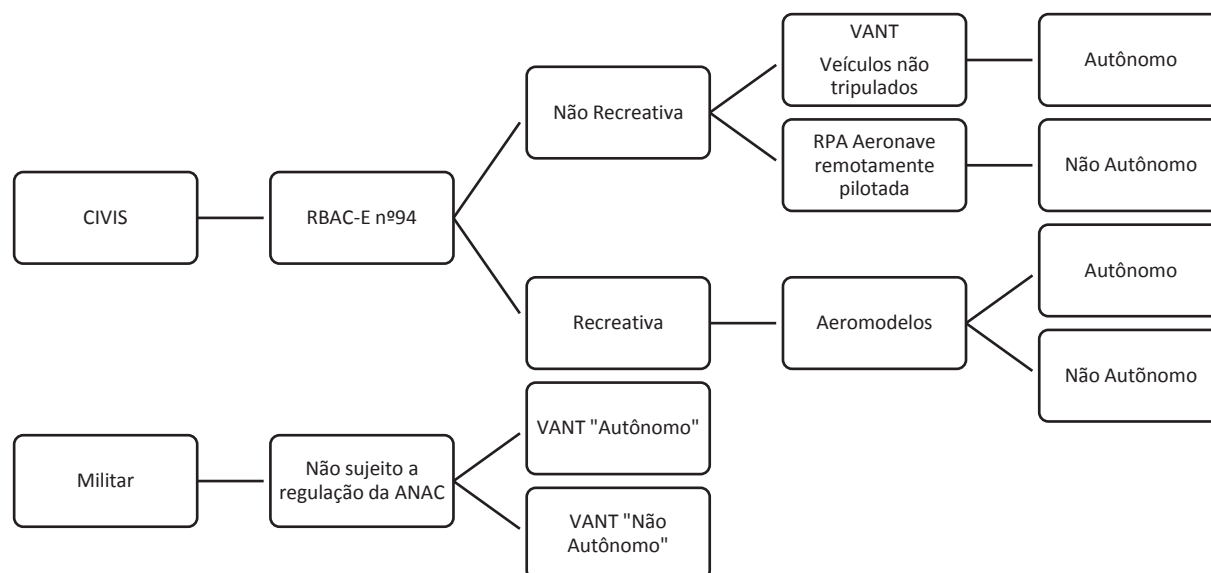


Figura 1- Classificação de aeronaves não tripuladas (Fonte: BRASIL, 2015).

Conforme a tabela 1, as aeronaves deverão ser classificadas em três classes de RPA, sendo a classe 1, configurando as com o peso maior que 150 kg, e obtendo à necessidade de certificar e registrar nos moldes aeronáutico. A classe número 2, visa à configuração de aeronave obtendo um peso menor ou igual a 150 kg e maior que 25 kg, que, contudo, apenas necessitando de requisitos técnicos dos fabricantes e Registro Aeronáutico Brasileiro.

Para aeronaves com peso menor ou igual a 25 kg será a classe 3, necessitando de requisitos técnicos simplificados dos fabricantes e cadastramento informando quem é o operador e o equipamento.

Em relação às licenças, habilitações e certificados, as aeronaves na classe 1 e 2, deverão ter todos os pilotos maiores de 18 anos e será requerido o Certificado Médico Aeronáutico, além das licenças e habilitações com os registros de todos os voos.

Contudo a classe 3, também exigirá que os pilotos sejam maiores de 18 anos, mas que não será requerido o Certificado Médico Aeronáutico. As licenças e habilitações na classe 3 para quem voar acima de 400 pés (120m) deverão ser necessárias, mas não serão requisitados os registros de voos. Para aeromodelos, não haverá limite de idade e não será necessário o Certificado Médico Aeronáutico, licenças, habilitações ou registro de voos.

Para melhor compreensão do que é exigido ou requerido para as classes 1, 2 e 3 segue um resumo com perguntas e a resposta conforme a tabela 1.

<b>Resumo das exigências</b>	<b>RPA Classe 1</b>	<b>RPA Classe 2</b>	<b>RPA Classe 3</b>	<b>Aeromodelo</b>
<b>Será requerido cadastro?</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Será requerido registro?</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>
<b>Será requerido aprovação de projeto?</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>	<b>Simplificado</b>	<b>Não</b>
<b>Será requerido processo de certificação?</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>
<b>Será requerida idade mínima de 18 anos?</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Será requerido Certificado Médico?</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>
<b>Serão requeridas licença e habilitação?</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Apenas acima de 400 pés (120 m)</b>	<b>Não, mas limitado a 400 pés (120 m)</b>
<b>Será requerido registro dos voos?</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Não</b>

**Tabela 1** - Exigências de certificado, licenças e registros para os VANT's. (FONTE: BRASIL, 2015).

A operação das aeronaves pelo regulamento é que o uso recreativo de “Aeromodelos” é permitido desde que seja observada a distância mínima de pessoas não anuentes. Porém o regulamento viabiliza as operações perto de pessoas anuentes, requerendo-se seu consentimento expresso. Ambas atividades não precisarão de autorização.

O VANT com finalidade não recreativa deverá ser observado pelo operador, ou seja, o piloto deve ter contato visual caso a operação esteja próxima de pessoas não anuentes. Também não serão permitidas operações recreativas ou não, próximo de pessoas que não derem anuência, com exceção de operações de segurança pública e ou defesa civil.

Atos ilícitos e invasões de privacidade serão naturalmente tratadas pelas autoridades de segurança pública competentes de cada estado.

Para melhor compreensão, segue um organograma na figura 2 sobre a operação dos voos recreativos, sendo “sim” indicando um aeromodelo e “não” indicando um VANT.

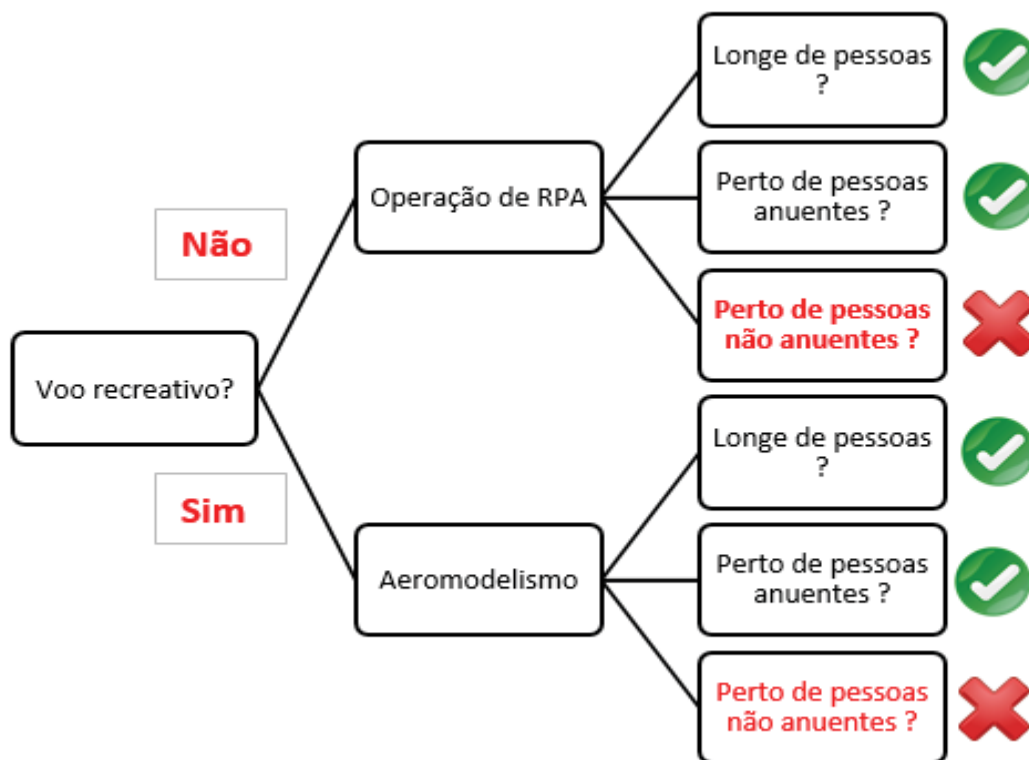


Figura 2 - Operação das aeronaves não tripuladas. (Fonte: BRASIL, 2015).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 RISCO DA SEGURANÇA AÉREA E DETRIMENTO DE BENS MATERIAIS

Quanto custa uma aeronave para uma empresa aérea, uma vida ou uma centenas de vidas sendo transportada por essa aeronave, quanto custa para as empresas, organizações, governos e sociedade um acidente aeronáutico, questões assim são difíceis de responder, mas só lembramos e cotamos, quando acontece um acidente aeronáutico, a exemplo de que um VANT operado de forma irregular, sem regulamentação ou que seu piloto opere a aeronave sem habilitação pode causar um acidente aéreo conforme situações de dois casos a seguir:

Segundo o canal de notícias, o portal G-1, em abril de 2016, uma aeronave Airbus 320 da companhia *British Airways*, com 132 pessoas a bordo, chegando ao aeroporto de *Heathrow*, em Londres, sofreu um impacto com algo que parecia ser um drone, BBC-Brasil (2016). Também situação parecida foi uma aeronave da empresa aérea *Lufthansa*, com o modelo Embraer 195, quase colidiu com um suposto drone durante o procedimento de pouso no aeroporto internacional de Varsóvia, na Polônia. Em ambos os casos, a polícia está investigando, mas ninguém foi preso e as autoridades da aviação nos dois países, fortaleceram novas regras contra voos de drones ou VANT, próximos de aeroportos (BORGES, 2016).

Em outro caso, mas envolvendo a fabricação e manutenção do VANT, Graham Wild (2017) relatou um estudo realizado pela *School of Engineering e Edith Cowan University* da Austrália, entre os anos de 2006 a 2015, do qual foram analisados 152 acidentes com veículos aéreos não tripulados, e comprovadamente 64 % das falhas foram técnicas.

Com o estudo, ele afirma que aplicando as leis corretas, a fabricação das aeronaves deverá aumentar a segurança técnica. Pois muitas falhas ocorrem, porque a aeronave tem apenas um sistema, ao contrário de aeronaves de grande porte, como a Airbus ou Boeing que tem três, quatro versões do mesmo sistema disponível, afim de se ter backups se um sistema de segurança da aeronave falhar (CANALTECH, 2016).

Os acidentes foram causados devido a não existência de leis, que restrinjam o uso do VANT, com menos de 25 kg, e podem ser pilotado por qualquer pessoa, sendo utilizado em uma ampla gama de tarefas.

Associação Internacional do Transporte Aéreo (IATA) informou no dia 15 de fevereiro de 2016, que os veículos aéreos não tripulados, estão sendo uma ameaça para a segurança das aeronaves tripuladas. O diretor geral da IATA, Tony Tyler, afirmou que caso não seja regulado o VANT, eles podem um dia colidir com uma aeronave tripulada e ceifar vidas. (RFI, 2016)

O Jornal digital, Diário de Notícias da Globo, publicou no dia 21 de junho de 2014, uma investigação do jornal Washington Post, do qual questiona a segurança dos veículos aéreos não tripulados e que mais de 400 VANT, sofreram acidentes desde 2001.

Mesmo não havendo fatalidade, houve destruição total das aeronaves, caindo sobre casas, quintais, autoestradas, estradas e rios. Onde muitos dos problemas apontados nas investigações foram falha de sistemas, erros humanos ou problemas meteorológicos (DN GLOBO, 2016).

Assim, compreende-se que a regulamentação aérea deverá suprir a exigência e objetivos de SAFETY, das quais o dono do aparelho ou o próprio piloto do VANT deverá cumprir as regras para operar a sua aeronave, seja elas sobre a habilitação, certificação e autorização do voo.

### 3.2 INVESTIMENTO FINANCEIRO NO BRASIL COM A REGULAMENTAÇÃO DO VANT

A regulamentação do VANT no Brasil teve seu primeiro passo com a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) regulamentando a frequência dos rádios transmissores das aeronaves, assim depois o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) liberou as regras de voo para o VANT acessar espaço aéreo, que na sequência a ANAC assina a regulamentação do uso.

Esse sistema regulatório gera uma perspectiva comercial brasileira devido à recente chegada do VANT ao mercado. A exemplo dos serviços aplicados por empresas que utilizam o VANT no país, tem-se um investimento baixo financeiramente por serem fáceis de manusear se comparado a outros veículos, pelo qual consequentemente se opere na ilegalidade, colocando em risco a terceiros e a seus próprios negócios investidos.

Compreende-se que com a legalidade das operações de serviços com a regulamentação do VANT, tenha-se um maior investimento por parte dos empresários e fabricantes de aeronaves não tripulados no setor, fazendo com que o investimento financeiro aumente consideravelmente (MDIC, 2018).

Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil, desde a implantação da regulamentação no país, houve um acréscimo de empresas registradas para serviços de filmagem aérea com VANT, dos quais em 2013 registrava-se quase 10 empresas e em 2015, chegava-se a quase 50 empresas, e após a regulamentação em 2017, foram registrados mais de 135 empresas, das quais 77 fazem e prestam serviços de filmagem, 19 fabricam aeronaves e as demais prestam serviços especializados, todos na legalidade. Executivos do setor estimam um faturamento de 200 milhões de reais do mercado de VANT no Brasil, relacionado à importação e venda de aeronaves, equipamentos e principalmente à prestação de serviços especializados (MDIC, 2018).

Nos Estados Unidos, segundo a associação americana que representa os fabricantes de veículos aéreos não tripulados, o mercado americano perdeu US\$ 10 bilhões por não existir na época uma regulamentação específica. Um grande exemplo disso é com o crescimento da demanda mundial de aeronaves não tripulada da empresa Chinesa DJI, com o modelo *PHANTOM II*, do qual tem seu preço popular de mil e duzentos dólares Varella (2014), sucesso de venda que poderia estar sendo fabricado nos Estados Unidos ou Brasil.

Sabendo disso, as autoridades norte americanas se apressaram para aprovar o regulamento PART 107. Dessa forma, de acordo com a *Consumer Electronics Association* (CEA) a previsão de vendas para 2015 foi de 700 mil aeronaves registradas (SAWADA, 2016).

Isso porque com a nova regulamentação da FAA se torna obrigatório o registro das aeronaves por seus proprietários, assim, como acontece com os registros de automóveis e a identificação dos mesmos por placas, se torna possível descobrir quem é o dono da aeronave (id., 2016).

No Brasil, um sinal de popularização dos veículos aéreos não tripulados, é a comercialização pela internet existente de aeronaves e serviços especializados. Outro sinal segundo Varella (2014) é da empresa EMBRAER considerada a terceira maior fabricante do mundo que entrou no ramo de fabricação de VANT militar sendo a parceira da Força Aérea Brasileira. Na fabricação de VANT, civis em território nacional podemos citar a Empresa AGX com sede na cidade de São Carlos, interior do estado de São Paulo, que foi comprada pela Empresa Transpreserv. Ela é considerada a 1ª fábrica no Brasil e seu modelo mais em conta, custa R\$ 30 mil além de oferecer serviços de locação.

A companhia XMobots foi a primeira a receber o Certificado de Autorização de Voo Experimental da (ANAC) em uma de suas aeronaves. Iniciada de um projeto na Universidade de São Paulo (USP) se tornou especializada no desenvolvimento e fabricação de VANT, para serem aplicados em diversas operações profissionais.

A instituição BrVant é especializada em fabricação de VANT, civis e militares, sistemas e software aeronáutico em simuladores. Criada em 2009 tem sua sede na cidade de São Paulo onde ganhou uma licitação para fornecer VANT, para o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial e da Marinha do Brasil. Seu principal produto se destaca por ser um completo sistema e ou Plataforma de Monitoramento Aéreo Multiuso do VANT (PMAM-VANT).

A organização SKYdrone com sede em Porto Alegre, Rio Grande do Sul presta serviços de fotografias e obtenção de dados aéreos, para diversos setores como cartografia, imobiliário, engenharia, pecuária e agricultura além de ter em seu portfólio o aeromodelismo.

A empresa MundoGEO, especializada no ramo diz que deve ser movimentado R\$ 200 milhões no país por ano, e tal potencial do uso dos VANT's no Brasil não está totalmente explorado, pois serão descobertas novas aplicações comerciais aos

veículos aéreos não tripulados Padgurshi (2016). Pequenos empresários, grandes negócios, é assim o futuro do mercado de Veículos Aéreos não tripulados no Brasil com a regulamentação.

### 3.3 ATOS ILÍCITOS CONTRA A SOCIEDADE COM O USO DE VANT NO BRASIL

Com a regulamentação do VANT existente de fato, aplicada e fiscalizada pela ANAC diante de seu uso, e pelo DECEA em face do seu voo no espaço aéreo e a ANATEL perante a sua frequência de rádio, é inegável afirmar que esse sistema funciona corretamente sem falhas e que opere corretamente, sem causar ônus a terceiros, que por via de regra este sistema funciona como uma proteção para sociedade nos dias atuais se compararmos a operação do mesmo sistema sem a regulamentação.

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados no Brasil tem muitos pontos positivos devido a sua utilização por militares e civis com a expectativa do crescimento do mercado. Os pontos positivos que se destacam primeiramente é o avanço dos estudos de empresas e escolas brasileiras com a tecnologia. Assim, depois pode salientar a utilização do VANT, com os serviços prestados na sociedade dentro do mercado globalizado.

No entanto, o risco dessa nova tecnologia, em operação de Facções criminosas e grupos terroristas que podem aproveitar do fato de não ter fiscalização, por já existir uma regulamentação e assim adquirirem uma aeronave facilmente como adquirem armas e drogas, que, de certa forma, podem pôr em risco a Segurança Pública (MELGAÇO; CARVALHO; ALVARENGA, 2015).

A exemplo citado, houve flagrante feito pela equipe de jornalismo da Rede Record, Balanço Geral (2015) em 2014, quando impediu a entrega via VANT de 18 aparelhos celulares em um presídio às 2 horas da manhã. Segundo, Gomes (2016) no mesmo ano uma aeronave não tripulada despejou um pacote com 250 gramas de cocaína no pátio do Centro de Detenção provisória (CDP), em São José dos Campos, onde a aeronave e o piloto não foram capturados e a droga recuperada pelos agentes penitenciários.

Assim, é impossível negar a possibilidade do uso do VANT, para atividades criminosas, a exemplo do tráfico de drogas e de armas. O perigo é real, segundo o comandante do Grupo Especial de Segurança na Fronteira, da Cadeia Pública de Cáceres em MT, o Tenente coronel PM Jonildo José de Assis, diz que os traficantes estão utilizando aeronaves não tripuladas, para deixar drogas e armas na Cadeia de Cáceres.

Dessa forma, existe a hipótese, de que em um futuro próximo as organizações criminosas, utilizem o VANT, com armas ou bombas em ataques contra estações policiais parecidos como ocorridos em julho de 2012, quando a organização criminosa Primeiro Comando da Capital (PCC) realizou ataques coordenados contra alvos da polícia militar, matando 87 policiais. Segundo Melgaço; Carvalho e Alvarenga (2015) ataques terroristas também podem acontecer, visto que existe VANT “Predator” que são operados para eliminar líderes terroristas, idem, podem assassinar autoridades de países aliados.

Criminalmente, a qualquer cidadão que utilizar um VANT para atos ilícitos no Brasil, pode responder pelo código penal no “Art. 349” – “Prestar a criminoso, fora dos casos de coautoria ou de receptação, auxílio destinado a tornar seguro o proveito do crime” com a pena de detenção, de um a seis meses, além da multa. Mas na conduta do artigo há a abrangência de qualquer que for a primeira infração, sendo considerada mais ampla e prestando auxílio ao outro infrator para tornar seguro o proveito do crime anterior (VAZ, 2017).

Assim, pode ser considerado que um infrator com um VANT, operando a aeronave e cometendo, um crime, atentado, terrorismo ou sendo coautor de ambas as situações, terá aplicado o código penal.

Outra, situação crítica que interfere na segurança aérea foi de uma aeronave não tripulada ter paralisado uma partida de futebol do campeonato da Libertadores da América na cidade de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais em 2016, sobrevoando o campo e transportando uma camisa ilusória da “série B”, o que ficou claramente expressivo que era gozação de torcidas adversárias. Contudo, o árbitro notificou seus assistentes e a polícia local, sem ninguém ser responsabilizado. No entanto, não foi a primeira vez que uma ação dessas ocorre em uma partida de futebol, pois em 2015 o jogo válido pela Libertadores na Argentina passou pela mesma situação e ambos os torcedores apelidaram de “drone da segundona” (GLOBO ESPORTE, 2016).

Em ambos os casos, é considerado ato ilícito, uma vez que claramente foi violado a segurança dos torcedores do estádio, caso essa aeronave viesse a colidir. Isso pelo fato de ser claramente uma gozação, o piloto do VANT, operou a aeronave com falta de segurança e planejamento.

## 4 CONCLUSÃO

Após a análise do exposto neste artigo, ficou evidente que a tecnologia relativa aos Veículos Aéreos Não Tripulado vem crescendo ano a ano, de forma inicial com os militares e nos dias atuais a serviços da sociedade civil. Neste contexto houve a necessidade da elaboração de um Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial, para o VANT ou assim descrito RPA.

Isso se deve pelos perigos e riscos apresentados neste artigo que demonstram e confrontam o potencial emprego do VANT, na sociedade com a falta de Safety dos equipamentos e operações das aeronaves sem uma regulamentação para o operador e o VANT.

Compreendendo o contexto histórico da origem dos drones e o poderio militar que esse equipamento proporciona a uma nação, não é de se admirar que os Estados Unidos, a União Europeia e a Argentina, também já aprovaram seus respectivos regulamentos. Isso porque esses países já analisaram o grande potencial no mercado econômico nas vendas, nas prestações de serviços, apoio logístico e a segurança de voo do VANT e as demais aeronaves dentro de seus espaços aéreos.

Outro ponto a destacar são as evidências de que é importante a regulamentação definida para os Veículos Aéreo Não Tripulados, para amenizar ou mitigar acidentes e incidentes aéreos, detrimimento de bens materiais, práticas de atos ilícitos e a ineficiência de bons lucros com a economia e mercado em crescimento no país.

Visando explorar esse comércio após a existência da regulamentação no país, tenha aberto o mercado de produtos e serviços relacionado ao VANT do qual segundo o ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços do Brasil, o número de empresas registradas em colaboração ao regulamento só tem aumentado, trazendo de forma significativa essa nova legislação dentro do mercado brasileiro com uma maior expectativa do empresário investidor com a prestação de serviço e venda de produtos de forma legalizada.

Nessa concepção o empresário e ou operador que empregue o VANT, em sua matriz empresarial ou o explore em serviços para a sociedade, estará precavido e situado no mercado brasileiro, pois utilizara a regulamentação como uma intervenção em sua operação. Isso devido à fiscalização da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) com o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Situação paralela é que, hoje, existe uma contribuição na segurança aérea “SAFETY” com a regulamentação que exige uma certificação de aeronave, do qual o operador fique tranquilo com a sua segurança e a de terceiros ao operar qualquer Veículo Aéreo Não Tripulado que seja homologado pela ANAC.

Dessa forma, a mesma produção de projetos e fabricação das aeronaves como o que já acontece com as empresas Boeing, Airbus e Embraer, como exemplos, que já testam e certificam seus produtos, os fabricantes de Veículos Aéreos Não Tripulados, também devem gratificar no mesmo nível de segurança respeitando seus objetivos e missões de operação.

Consequentemente um piloto operador de aeronave tripulada que também necessite obter uma habilitação e passar por uma certificação para operar a sua aeronave, também deve-se ser obrigado obter a certificação para operação de VANT, seguindo as mesmas premissas, pois de acordo com a regulamentação temos aeronaves de até 150 kg, sendo classificados em três categorias, das quais seguem em operações de recreação e não recreativas.

O próprio Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) emitira a autorização de voo da mesma forma que já emite para as outras aeronaves tripuladas, mantendo a distância de operação do VANT, considerando pessoas anuentes e não anuentes à operação da aeronave, buscando emitir e transcorrer uma operação segura e eficiente de todos os parâmetros existentes de uma operação segura seja ela qual for, dentro da perspectiva da prestação de serviço que o VANT irá agregar para o usuário, operador, empresário, sociedade e a cidade.

Finalmente o Brasil, tem um grande destaque no cenário internacional, devido a sua indústria aeronáutica e a quantidade de frota de aeronaves comerciais, executivas e privadas que voam de norte a sul do país. Nessa concepção os Veículos Aéreos Não Tripulados não será uma exceção, pois, atualmente, existem vários projetos sendo desenvolvidos por empresas brasileiras, tanto de VANT para prestações de serviços à sociedade e à cidade, como um meio de transporte de cargas e passageiros, obtendo reconhecimento internacional e com a clara dimensão dos perigos e riscos, lucros e perdas, de um mercado legalizado, demonstrando a real importância de um regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94) como um ponto pé inicial.

Dessa forma considerando o bom senso nas operações e certificações futuras, interagindo homem e máquina com produtos e serviços, em uma nova modalidade tecnológica aérea, abrindo as portas e criando as oportunidades. Assim, é o futuro dos VANT's no Brasil após a sua regulamentação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e aos meus pais, Expedito e Luiza que foram os meus primeiros instrutores na vida, onde me criaram e instruíram a ser uma pessoa honesta, dedicada e comprometida com os estudos e a vida. À minha companheira, Selma Abrahão que sempre esteve ao meu lado, nos bons e nos maus momentos do dia a dia. Ao meu professor orientador Kerlington Pimentel de Freitas, que legou o seu conhecimento aos meus estudos e ao trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AIRFORCE TECHNOLOGY (Estados Unidos). Airforce Technology (Org.). **X-51 WaveRider Unmanned Scramjet Aircraft, United States of America**. 2016. Disponível em: < <http://www.airforce-technology.com/projects/x51-wave-rider/> >. Acesso em: 11 dez. 2016.
- ALECRIM, Emerson (Ed.). **Este é o Project Wing, drone que o Google está desenvolvendo para fazer entregas**. 2015. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/164375/google-project-wing/> >. Acesso em: 11 nov. 2016.

- ANAC. Administración Nacional de Aviación Civil "anac". Anac Argentina. **VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (VANT)**. 2016. Disponível em: < <http://www.anac.gov.ar/anac/web/index.php/2/368/normativa/vant> >. Acesso em: 11 nov. 2016.
- AVI.PRO (Estados Unidos). Avi.pro. **MQ-1 Predator**. 2015. Disponível em: < <http://pt.avia.pro/blog/mq-1-predator> >. Acesso em: 11 dez. 2016.
- AVIAÇÃO.ORG (Brasil). Cultura Aeronáutica Aviação.org (Comp.). **14-X: O VANT HIPERSÔNICO BRASILEIRO: O Brasil prestes a ingressar na elite internacional de voo em altíssimas velocidades**. 2013. Atualizado em 2014. Disponível em: < <http://www.aviao.org/news/14-x-o-vant-hipersonico-brasileiro/> >. Acesso em: 11 dez. 2016.
- BBC-BRASIL, Globo G 1 - (Comp.). **Avião com 132 passageiros acerta drone antes de pouso em Londres: Airbus da British Airways se aproximava de aeroporto de Heathrow quando aparelho se chocou contra frente da aeronave**. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2016/04/aviao-com-132-passageiros-acerta-drone-antes-de-pouso-em-londres.html> >. Acesso em: 24 ago. 2016
- BERGAMIM, Giba (Comp.). **Drone despeja pacote de cocaína dentro de presídio de São Paulo: Um mini helicóptero despejou um pacote com 250 gramas de cocaína no pátio do CDP (Centro de Detenção Provisória)**. 2014. Folha de São Paulo. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/03/1422846-drone-despeja-pacote-de-cocaina-dentro-de-presidio-de-sao-paulo.shtml> >. Acesso em: 25 ago. 2016.
- BORGES, Ronaldo (Org.). **SUSTO !!! Embraer 195 da Lufthansa quase colide com Drone: Autoridades aeroportuárias e companhia aérea confirmam incidente durante procedimento de aterrissagem em Varsóvia. Objeto não tripulado teria passado a menos de 100 metros da aeronave fabricada pela Embraer**. Disponível em: < <http://www.norteverdadeiro.com/susto-embraer-195-da-lufthansa-quase-colide-com-drone/> >. Acesso em: 11 nov. 2016.
- BRANT, Joseph E. **Segredos da Guerra Psicológica: Reminiscência da 2ª Guerra Mundial**. São Paulo: Digital Source, 1967. 144 p. Disponível em: < [https://www.inesul.edu.br/site/documentos/Joseph\\_E\\_Brant-Segredos\\_da\\_Guerra\\_Psicologica.pdf](https://www.inesul.edu.br/site/documentos/Joseph_E_Brant-Segredos_da_Guerra_Psicologica.pdf) >. Acesso em: 4 nov. 2016.
- BRASIL. Anac Is. Agência Nacional de Aviação Civil (Org.). **INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR - IS Nº 21-002 Revisão A: Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados**. 2. ed. Brasília: Anac, 2012. 21 p.
- BRASIL. Anac. Agência Nacional de Aviação Civil (Comp.). **Proposta de regulamento Brasília, 2 de setembro de 2015**: Brasília, 2015. 25 slides, color. Disponível em: < <http://slideplayer.com.br/slide/7516508/> >. Acesso em: 17 nov. 2016.
- BRASIL. Constituição (1986). Decreto de Lei nº 7565, de 19 de dezembro de 1986. **Dispõe Sobre O Código Brasileiro de Aeronáutica**. 7565. ed. Brasil, 19 dez. 1986. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm) >. Acesso em: 7 nov. 2016.
- BUZZO, Lucas (Org.). **História dos Drones: do início aos dias de hoje**. 2015. Disponível em: < <https://odrones.com.br/historia-dos-drones/> >. Acesso em: 7 nov. 2016.
- CANALTECH (Brasil). Portal Canaltech (Comp.). 2016. Disponível em: < <http://canaltech.com.br/noticia/seguranca/maioria-dos-acidentes-de-drones-e-causada-por-falhas-tecnicas-aponta-estudo-77865/> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- CENIPA. Cenipa Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. DECEA Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Ed.). **DECEA esclarece normas para voos de drones no Brasil: DRONE**. 2016. Disponível em: < <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/1-comunicacao-social/1389-decea-esclarece-normas-para-voos-de-drones-no-brasil> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- DN GLOBO (Comp.). **Mais de 400 acidentes com 'drones' dos EUA desde 2001**: refere uma investigação do "Washington Post" hoje publicada no diário. 2014. Disponível em: < <http://www.dn.pt/globo/eua-e-americas/interior/mas-de-400-acidentes-com-drones-dos-eua-desde-2001-3984112.html> >. Acesso em: 25 ago. 2016.
- DOCTOR DRONE (Brasil). Portal Doctor Drone (Comp.). **História Ilustrada dos Drones: O que é drone?** 2015. Disponível em: < <http://doctordrone.com.br/historia-ilustrada-dos-drones/> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- EASA. European Aviation Safety Agency (EASA). **Unmanned Aircraft Systems (UAS) and Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)**. 2016. Disponível em: < <https://www.easa.europa.eu/unmanned-aircraft-systems-uas-and-remotely-piloted-aircraft-systems-rpas> >. Acesso em: 11 nov. 2016.
- EDMUNDO UBIRATAN (Washington (d.c.)). Aero Magazine. **A origem dos vant: As primeiras aeronaves não tripuladas tais como as conhecemos hoje surgiram logo após o fim da Segunda Guerra Original**: [http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant\\_1907.html#ixzz4Q0eMnIoz](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant_1907.html#ixzz4Q0eMnIoz) Follow us: aeromagazine on Facebook. 2015. Disponível em: < [http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant\\_1907.html](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant_1907.html) >. Acesso em: 7 nov. 2016.
- FAA. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (Org.). **SUMMARY OF SMALL UNMANNED AIRCRAFT RULE: PART 107**. 107. ed. Washington, Dc: Faa, 2016. 3 p. Disponível em: < [https://www.faa.gov/uas/media/part\\_107\\_summary.pdf](https://www.faa.gov/uas/media/part_107_summary.pdf) >. Acesso em: 11 nov. 2016.
- FAB. Portal Brasil. Força Aérea Brasileira (Ed.). **Força Aérea esclarece normas para voos de drones no Brasil: Operação de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) obedece a regras próprias e precisa de certificação e autorização para voo**. 2015.

- Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/defesa-e-seguranca/2015/03/forca-aerea-esclarece-normas-para-voos-de-drones-no-brasil> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- GLOBOESPORTE.COM (Brasil). Globo.com. **Provocação no Horto: drone sobrevoa estádio com "fantasma" da Série B:** Partida entre Atlético-MG e Del Valle foi paralisada pelo árbitro enquanto equipamento era visto em cima do Independência. Brincadeira teria sido feita por cruzeirenses Por GloboEsporte.com Belo Horizonte FACEBOOK TWITTER. 2016. Disponível em: < <http://globoesporte.globo.com/mg/futebol/noticia/2016/02/provocacao-no-horto-drone-sobrevoa-estadio-com-fantasma-da-serie-b.html> >. Acesso em: 25 ago. 2016.
- GOMES, Helton Simões (Comp.). **Pizzaria de SP faz delivery com drone e entra na mira de Anac e FAB:** Em teste, drone entregou pizza de pepperoni em cobertura de Santo André. Donos do estabelecimento não pediram autorização para realizar sobrevoos. 2014. Disponível em: < <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2014/12/pizzaria-de-sp-faz-delivery-com-drone-e-entra-na-mira-de-anac-e-fab.html> >. Acesso em: 25 ago. 2016.
- GOMES, Helton Simões; STOCHERO, Tahiane (Comp.). **Aeronáutica cria 'manual de conduta' para voos de drones no Brasil:** Drones terão de voar a 30 m de altura de pessoas e não fazer acrobacias. Velocidade máxima das aeronaves poderá ser de 55 km/h ou 110 km/h.. 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/12/aeronautica-cria-manual-de-conduta-para-voos-de-drones-no-brasil.html> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- HAIR, Joseph et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração.** Bookman Companhia Ed, 2005.
- HALPERN, Arie. **Como será a sociedade dos drones.** 2016. Disponível em: < <http://www.arietalpern.com.br/a-sociedade-dos-drones-eles-vaio-mudar-o-mundo/> >. Acesso em: 6 nov. 2017.
- KOCHE, José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa/José Carlos Köche. **Petrópolis, RJ: Vozes,** 2011.
- KUCHAK, Marcos (Org.). **Drones.** 2013. Disponível em: < <http://russiaincompila.blogspot.com.br/2013/04/drones.html> >. Acesso em: 11 dez. 2016.
- MDIC. Estudo Sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados. 2018. Disponível em: < [http://www.mdic.gov.br/images/publicacao\\_DRONES-20161130-20012017-web.pdf](http://www.mdic.gov.br/images/publicacao_DRONES-20161130-20012017-web.pdf) >. Acesso em: 04 out. 2018.
- MELGAÇO, Aglaé Martins; CARVALHO, Marcus Andrés Bettencourt Pinto de; ALVARENGA, Mariana Domingues. **Desafios da Defesa e Segurança frente à nova ameaça do uso ilícito de VANT's.** 2015. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito Internacional, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015. Disponível em: < [http://www.defesa.gov.br/arquivos/ensino\\_e\\_pesquisa/defesa\\_academia/cadn/artigos/xii\\_cadn/desafios\\_da\\_defesa\\_seguran\\_a\\_vants.pdf](http://www.defesa.gov.br/arquivos/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/artigos/xii_cadn/desafios_da_defesa_seguran_a_vants.pdf) >. Acesso em: 17 nov. 2016.
- METRO (Brasil). Portal Metro. **Drones estão se tornando ameaça real para a aviação civil, alerta Iata:** Os drones civis estão se tornando uma real e crescente ameaça para a segurança da aviação comercial. 2016. Disponível em: < <http://www.metrojornal.com.br/nacional/mundo/drones-estao-se-tornando-ameaca-real-para-a-aviacao-civil-alerta-iata-258472> >. Acesso em: 24 ago. 2016.
- MIRANDA, Maria Bernadete. **O Período da Diplomacia no Ar e a Segurança de Voo no Sistema de Aviação Civil.** 2013. 9 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Revista Digital Direito Brasil, Brasil, 2013. Cap. 1. Disponível em: < <http://www.direitobrasil.adv.br/arquivospdf/revista/revistav71/artigos/be.pdf> >. Acesso em: 5 nov. 2016.
- NUNES, Ginete Cavalcante; NASCIMENTO, Maria Cristina Delmondes; DE ALENCAR, Maria Aparecida Carvalho. Pesquisa científica: conceitos básicos. **Id on Line REVISTA DE PSICOLOGIA**, v. 10, n. 29, p. 144-151, 2016.
- OACI (Estados Unidos). Organização da Aviação Civil Internacional. REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM (RPAS) CONCEPT OF OPERATIONS (CONOPS) FOR INTERNATIONAL IFR OPERATIONS. 2018. Disponível em: < <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/RPAS%20CONOPS.pdf> >. Acesso em: 4 out. 2018.
- OLIVEIRA, Daniel Marchi de; PONTES, Fernando de Oliveira. **AERONAVE, SUA UTILIZAÇÃO: UMA FORMA DE APRESENTAR ALGUNS CONTRATOS INCIDENTES.** 2010. 28 f. Tese (Doutorado) - Curso de Direito, Unigranrio, Rio de Janeiro, 2010. Cap. 1. Disponível em: < [file:///C:/Users/Thiago Beté/Downloads/1109-3020-1-PB.pdf](file:///C:/Users/Thiago%20Bet%C3%A9/Downloads/1109-3020-1-PB.pdf) >. Acesso em: 5 nov. 2016.
- PADGURSHI, Diego (Ed.). **Pequenos empresários dominam o setor de drones no Brasil.** 2016. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/05/1773636-pequenos-empresarios-dominam-o-setor-de-drones-no-brasil.shtml> >. Acesso em: 16 nov. 2016.
- PORTAL BRASIL. Brasil. Força Aérea Brasileira (FAB). **Força Aérea esclarece normas para voos de drones no Brasil:** Operação de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) obedece a regras próprias e precisa de certificação e autorização para voo. 2015. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/defesa-e-seguranca/2015/03/forca-aerea-esclarece-normas-para-voos-de-drones-no-brasil> >. Acesso em: 17 nov. 2016.
- RBAC-E Nº94. Agência Nacional de Aviação Civil. Anac. **Regulamento brasileiro da aviação civil especial RBAC-E nº 94:** REQUISITOS GERAIS PARA VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS E AEROMODELOS. 94. ed. Brasil: Anac, 2016. 24 p. Disponível em: < <http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2015/aud13/anexoi.pdf> >. Acesso em: 11 nov. 2016.



- SAWADA, Thiago. **Brasil prepara novas regras para uso de drones:** Com vendas em ascensão em todo o mundo, drones comerciais e para lazer devem ser regulamentados nos próximos meses no País; mudança é vista com bons olhos por fabricantes de equipamentos que já atuavam no mercado brasileiro de forma ilegal. 2016. O Estado de S. Paulo. Disponível em: < <http://link.estadao.com.br/noticias/empresas,brasil-prepara-novas-regras-para-uso-de-drones,10000028685> >. Acesso em: 12 nov. 2016.
- SEIBT, Taís (Ed.). **O céu não é o limite:** Uso civil de drones cresce no Brasil sem que haja regulamentação para a utilização recreativa e comercial. 2014. Disponível em: < <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2014/03/uso-civil-de-drones-cresce-no-brasil-sem-que-haja-regulamentacao-para-a-utilizacao-recreativa-e-comercial-4460303.html> >. Acesso em: 11 nov. 2016.
- VARELLA, João. **Os drones invadem os negócios:** Saiba por que empresas como Amazon, DHL, Eldorado, AES Tietê e Domino's estão investindo no bilionário mercado dos robôs voadores que prometem revolucionar o universo corporativo. 2014. Disponível em: < <http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/mercado-digital/20140124/drones-invadem-negocios/146050.shtml> >. Acesso em: 12 nov. 2016.
- VAZ, Alison. **Qual a diferença entre os crimes de receptação e de favorecimento real?** 2017. Disponível em: < <https://direitodiario.com.br/diferenca-crimes-receptacao-e-favorecimento-real/> >. Acesso em: 4 out. 2018.
- VELOSO, Thássius (Ed.). **A Amazon quer entregar suas compras de um jeito muito louco:** Companhia anuncia programa de entrega com drones voando pelos céus. 2014. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/146248/amazon-drone-entrega/> >. Acesso em: 15 nov. 2016.
- Vergara, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas. 1998.
- YOLA (Brasil). Yola Site (Org.). **Drones - Historia.** 2015. Disponível em: < <http://vants.yolasite.com/historia.php> >. Acesso em: 7 nov. 2016.

....

---

# A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades

Vinicius Cabrini dos Santos<sup>1,2</sup>, Guilherme Amaral da Silveira<sup>3</sup>

1 Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

2 [vinicabrini@gmail.com](mailto:vinicabrini@gmail.com)

3 Mestre em Ciências Aeronáuticas pela Embry-Riddle Aeronautical University. Professor Assistente do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

---

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo analisar a transferência de treinamento em um ambiente de simuladores de voo, levando em consideração o seu nível de fidelidade e os métodos utilizados pelos instrutores de voo, de forma a manter e sempre que possível, elevar o nível da transferência de treinamento. Baseado em uma análise bibliográfica, nota-se que a fidelidade do simulador não define por si só a efetividade do treinamento. O papel do instrutor de voo é de extrema importância, especialmente em situações nas quais os dispositivos de treinamento tenham baixos níveis de fidelidade.

**Palavras Chave:** Transferência de treinamento. Simulador de voo. Fidelidade do simulador. Instrutor de voo.

## The effectiveness of flight simulators on pilot training for specific procedural tasks and skill acquisition

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to analyse transfer of training in flight simulators, with emphasis on fidelity and instructional methods in order to maintain and, whenever possible, increase transfer effectiveness ratio. As a result of literature review, it was observed that training effectiveness is not dependent exclusively on simulator's fidelity. The role of the flight instructor was herein found to be of significant importance, particularly in situations where training devices have low fidelity levels.

**Key words:** Transfer of training. Flight simulator. Simulator's fidelity. Flight instructor.

**Citação:** Santo, VC, Silveira, GA. (2019) A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, Nº. 1, pp. 15-30.

### 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, os simuladores de voo se desenvolveram durante a segunda guerra mundial, e muito pelo avanço da engenharia e tecnologia. Mas grande parte deste desenvolvimento ocorreu através de estudos e experiências em centros de treinamento (CARO, 1976). Com o intuito de elevar as habilidades de pilotagem, reduzir o número de acidentes e, por conseguinte, gerar economia de recursos. Assim, no decorrer dos anos, a fidelidade dos simuladores foi se desenvolvendo em conjunto com a aviação e a tecnologia, com o propósito de atingir os objetivos esperados que a cada dia tornam-se mais exigentes. Com o passar dos anos, os simuladores de voo foram sendo cada vez mais utilizados para o treinamento de pilotos. Esses treinamentos exigem atenção e cuidado, pois os conhecimentos aí transferidos e/ou adquiridos se refletirão durante os voos.

O presente artigo buscou analisar a transferência de treinamento em um ambiente de treinamento em simuladores de voo, baseado no nível de fidelidade dos mesmos e nos métodos de aprendizagem aplicados pelos instrutores. O *transfer of training*, do inglês, transferência de treinamento, é o processo pelo qual o conhecimento e as habilidades são transmitidos durante o treinamento, mensurando a efetividade destes em situações reais (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011).

Beneficiou-se, desta forma, de uma revisão bibliográfica, que em conformidade com Gil (2008, p. 50), “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” A importância de uma metodologia em uma pesquisa científica é evidente para demonstrar de que forma os dados e consequentes resultados foram obtidos, pois, segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 83) “método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo”. Isto posto, a pesquisa possui um caráter exploratório sobre os conceitos, com uma abordagem qualitativa sobre os resultados, para tornar possível atingir os objetivos apresentados pela pesquisa.

Cada vez mais, as companhias aéreas têm investido no treinamento de seus empregados e até mesmo criado seus próprios centros de treinamentos, garantindo um nível de transferência de treinamento que julgam ser os adequados. Treinamento, para Swezey e Andrews (2000) é a aplicação esquemática dos princípios de aprendizado científico para produzir uma instrução que mudará um determinado comportamento no instruendo. O simulador por sua vez, é um dispositivo que representa uma máquina, sistema ou ambiente e suas funções, sob certas condições específicas (GERATHEWOHL, 1969).

A fidelidade dos simuladores tem um papel muito importante, e está estreitamente ligada a este processo. A capacidade de representação das condições reais de voo da aeronave influencia de forma direta na efetividade e nos métodos de treinamento utilizados pelos instrutores de voo. Com um viés um pouco diferente, vê-se que o verdadeiro desafio está, na maioria das vezes, com os instrutores, por serem eles os responsáveis finais pelo treinamento em simuladores.

É importante que o modelo do simulador usado para o treinamento seja escolhido de forma criteriosa pela empresa aérea, ou pelo próprio piloto envolvido no treinamento. Todavia, o fato do simulador ser de alta fidelidade não significa que o treinamento será efetivo. O papel do instrutor de voo entra com grande importância neste momento. Sobretudo em simuladores de baixa fidelidade, que dependem muito das técnicas e meios que serão utilizados pelos instrutores. Eles conseguem preencher as lacunas deixadas por este, e elevar o nível da transferência de treinamento. Tenha-se em mente, o quão efetivo seria um treinamento em um simulador de alta fidelidade, cujo instrutor seja capaz de incrementar ainda mais este grau de fidelidade.

Comparando, agora, o treinamento em simuladores com o treinamento diretamente em aeronaves, nota-se de antemão uma grande diminuição de custo, tanto por preservar a própria aeronave, como por um menor gasto com combustível. Acrescendo a isto, há uma grande redução do impacto ambiental, pela menor emissão de CO<sub>2</sub> e de ruído (CARO; PROPHET, 1973). Deste modo, a projeção para um aumento da efetividade do treinamento passa muito mais pelo instrutor e pelo programa de treinamento do que pelo simulador. Isto faz com que a busca por estratégias que elevem a qualidade do treinamento seja, de certo modo, incessante e de interesse geral da aviação, pela sua grande importância na formação do profissional.

## 2 TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

O *transfer of training*, trata da efetividade do treinamento em si, considerando-se que os objetivos almejados no treinamento tenham sido alcançados. O *negative transfer of training* é o oposto disto. Podendo ser ainda pior, por também ser caracterizado pela transferência errada do treinamento ou conhecimento. Baldwin e Ford (1988), referem-se ao *transfer of training* como o processo pelo qual o conhecimento e habilidades são adquiridos através de um treinamento contextualizado, e aplicados na situação real. Para Higgins et al. (2002) é o processo pelo qual o conhecimento e as habilidades são transmitidos durante o treinamento e mensurando a efetividade destes em situações reais.

*Negative transfer of training* é o efeito atenuante de uma aprendizagem prévia no exercício de habilidades ou em novas aprendizagens (BLAIWES; PUIG; REGAN, 1973). Para Borgvall et al. (2007) transferência de treinamento negativa é quando aprender em uma situação interfere no conhecimento ou nas habilidades anteriores de outra situação. A transferência negativa ocorre quando alguém age como se houvesse habilidades comuns para duas situações diferentes. A transferência de treinamento negativa neutraliza a construção de novos conhecimentos e habilidades, ou ainda acontece quando alguém aplica incorretamente, em um ambiente, métodos e técnicas aprendidas em outro.

Dado que as habilidades processuais são específicas de uma determinada tarefa, e dado que tais habilidades são adquiridas através da prática repetida, assegurar que o treinamento se assemelhe à tarefa real certamente será importante para uma transferência de treinamento bem-sucedida (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011). É esperado que, com a evolução do aluno, ocorra uma maior facilidade na aquisição de habilidades e na execução de certas tarefas propostas em cada exercício. A experiência adquirida no decorrer do seu treinamento faz com que uma nova tarefa se torne mais fácil do que outra anteriormente proposta. Realçando a importância de uma sequência lógica no treinamento, fazendo com que uma tarefa complemente a outra, e assim a transferência de treinamento será incrementada.

Lintern (1991), explica que, se duas tarefas são consideravelmente relacionadas, haverá alta transferência de treinamento, e se eles são essencialmente não relacionados, não haverá transferência. Em algumas circunstâncias a transferência de treinamento pode ser negativa. Isto é, o desempenho na tarefa de transferência será mais pobre do que se não houvesse nenhum pré-treinamento. Isso ocorre quando as tarefas estão relacionadas, mas diferem radicalmente em algum aspecto crítico. Já em outras circunstâncias, a experiência prévia com uma determinada tarefa pode resultar em um melhor desempenho, caracterizando uma transferência de treinamento positiva.

Sendo assim, existem alguns métodos utilizados para medir a transferência de treinamento. Um deles e o mais utilizado foi apresentado por Roscoe (1971) e Roscoe, Williges (1980), sendo capaz de medir a Razão de Efetividade de Transferência (TER - *Transfer Effectiveness Ratio*). Este método consegue calcular os graus de transferência de treinamento positivo e negativo através de um grupo de controle e de um grupo experimental.

$$TER = \frac{Y_C - Y_X}{Y_C} \times 100\%$$

$Y_C$  – tempo, tentativas ou erros exigidos por um grupo de controle para atingir um critério de desempenho;

$Y_X$  – valor correspondente para um grupo experimental ou de transferência que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

- TER > 1, representa que a quantidade de treinamento em simulador de voo é menor do que aquela necessária caso o treinamento fosse realizado inteiramente na aeronave real. Pode ser ainda interpretado como um indicador de que o

treinamento é eficaz e também mais eficiente do que o treinamento na aeronave real. Mesmo assim, caso os custos operacionais do simulador de voo forem superiores aos do treinamento na aeronave real, o treinamento pode não ter custo efetivo.

- TER = 1, representa que a quantidade de esforço do treinamento salvo no treinamento na aeronave real é igual à quantidade de esforço de treinamento gasto no simulador de voo.
- TER < 1, representa que a quantidade de treinamento requerida em simulador é maior do que aquela necessária caso o treinamento fosse realizado inteiramente em aeronave real. Se os custos operacionais do simulador de voo forem inferiores aos do treinamento na aeronave real, os benefícios do treinamento ainda poderão ser obtidos, apesar do fato de que o treinamento no simulador de voo possa exigir mais esforço do que no treinamento na aeronave real.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$TER = \frac{100 - 25}{100} \times 100\% \quad \rightarrow \quad TER = 75\%$$

Neste caso tem-se 75% de transferência de treinamento, que de acordo com estudos é a percentagem mais comum em programas de treinamentos em simuladores (BLAIWES; PUIG; REGAN, 1973). É esperado que  $Y_c$  seja maior que  $Y_x$ , ou seja, o número de horas de treinamento requerido para um determinado objetivo sem simulador de voo seja maior do que o número de horas de treinamento requerido com simulador de voo, demonstrando que houve de fato uma economia de tempo e de recursos com o uso de simuladores de voo no treinamento (ROLFE; CARO, 1982). Porém esta medição de transferência de treinamento em percentagem não demonstra o quanto de tempo de treinamento foi usado antes de ocorrer transferência de treinamento. Com isto, esta fórmula foi refinada de forma que apresente resultados que melhor representem a qualidade do treinamento em si, ou seja, sendo capaz de mensurar a quantidade de treinamento em horas necessárias para que ocorra a transferência de treinamento. Desta forma, foi criado o *Cumulative Transfer Effectiveness Function* (CTEF).

### 2.1 CUMULATIVE TRANSFER EFFECTIVENESS FUNCTION (CTEF)

Definido como sendo capaz de mensurar a economia total de tempo de treinamento na aeronave real, em relação ao tempo gasto no simulador de voo (ROSCOE, 1971).

$$CTEF = \frac{Y_o - Y_x}{X}$$

$Y_o$  – tempo, tentativas ou erros exigidos por um grupo de controle para atingir um critério de desempenho;

$Y_x$  – valor correspondente para um grupo experimental, ou de transferência, que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

$X$  – tempo total, tentativas ou erros exigidos pelo grupo experimental para atingir um critério de desempenho.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$CTEF = \frac{50 - 40}{10} \quad \rightarrow \quad CTEF = 1$$

Por exemplo, considerando que o grupo de controle teve um treinamento com a duração de 50 horas de voo totais para atingir o critério de desempenho da tarefa. E que o grupo experimental tenha tido um treinamento com a duração total de 40 horas de voo totais para atingir o critério de desempenho da tarefa, após receber 10 horas em um simulador de voo. O resultado representa uma hora de transferência de treinamento e economia de tempo para cada hora no simulador de voo, ou seja, as exatas 10 horas no simulador de voo foram aproveitadas.

$$CTEF = \frac{50 - 40}{20} \quad \rightarrow \quad CTEF = 0.5$$

Com isso, continuando, caso se faça o dobro de horas (20 horas) em simulador de voo durante o treinamento, estas horas a mais poderão caracterizar-se como inúteis, pois as horas aproveitadas continuarão sendo as mesmas (10 horas). Deste modo, apenas meia hora de transferência de treinamento serão aproveitadas para cada hora no simulador de voo. Caracterizando um desperdício de recursos e de tempo.

### 2.2 INCREMENTAL TRANSFER EFFECTIVENESS FUNCTION (ITEF)

Provê a economia gradual ou incremental de tempo de treinamento na aeronave real, em relação ao tempo gasto no simulador de voo. O ITEF é capaz de reconhecer o valor decrescente causado por incrementos sucessivos no tempo de treinamento em simuladores de voo, em termos de tempo economizado em equipamentos que geralmente são mais caros, como por exemplo na própria aeronave real (WILLIGES; ROSCOE; WILLIGES, 1973).

$$ITEF = \frac{Y_{x-\Delta x} - Y_x}{\Delta X}$$

$Y_{x-\Delta X}$  – tempo total, tentativas ou erros exigidos pelo grupo experimental para atingir um critério de desempenho, após  $X-\Delta X$  unidades de treinamento em simulador;

$Y_x$  – valor correspondente para um grupo experimental ou de transferência que tenha recebido prática anterior em outra tarefa;

$\Delta X$  – quantidade incremental de tempo, tentativas ou erros no simulador.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$ITEF = \frac{Y_{5-1} - Y_5}{5 - 4} \rightarrow ITEF = \frac{5^{2/3} - 5}{5 - 4} \rightarrow ITEF = 2/3$$

Calculando para um grupo experimental que tenha requerido  $5^{2/3}$  horas na aeronave para atingir o critério de desempenho, após receber quatro horas de treinamento em simulador, e outro grupo experimental que tenha requerido cinco horas na aeronave para atingir o critério de desempenho, após cinco horas de treinamento no simulador, o resultado é que, aumentando o tempo de treinamento do simulador de quatro para cinco horas terá economizado  $2/3$  horas na aeronave real (ROSCOE; WILLIGES, 1980; BORGVALL et al., 2007). Evidenciando que há um limite de horas em simulador de voo que podem ser aproveitadas posteriormente em um voo real. Micheli (1972) diz que experimentos revelam que apenas quantidades substanciais de horas de voo podem ser substituídas pelo tempo em simuladores. Isto faz com que se evite um possível *over-training*, ou seja, garantir que o tempo de treinamento seja utilizado para atingir o nível de proficiência desejado e nada além disto (CARO, 1971).

Portanto, não é possível realizar todo o treinamento de um piloto em um simulador de voo. Caso alguma parte deste seja feito em simuladores, a quantidade de horas que de fato poderão ser aproveitadas pelo piloto em um voo real será limitada. Borgvall et al. (2007) afirma que há evidências de que a transferência da primeira hora no simulador é maior do que na segunda hora e assim por diante. Consequentemente, a eficácia da transferência de treinamento vai diminuindo ao longo do tempo no simulador, conforme demonstram as figuras 1 e 2.

	GROUND TRAINER HOURS, X															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Flight Hours, Y	10.00	8.60	7.44	6.48	5.68	5.01	4.45	3.98	3.59	3.27	3.01	2.81	2.66	2.56	2.51	2.50
Flight Hours Saved, $Y_0 - Y_x$		1.40	2.56	3.52	4.32	4.99	5.55	6.02	6.41	6.73	6.99	7.19	7.34	7.44	7.49	7.50
Percent Transfer, $\frac{Y_0 - Y_x}{Y_0} \cdot 100$		14.0	25.6	35.2	43.2	49.9	55.5	60.2	64.1	67.3	69.9	71.9	73.4	74.4	74.9	75.0
Incremental TER, $\frac{Y_x - \Delta x - Y_x}{\Delta X}$		1.40	1.16	0.96	0.80	0.67	0.56	0.47	0.39	0.32	0.26	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
Cumulative TER, $\frac{Y_0 - Y_x}{X}$		1.40	1.28	1.17	1.08	1.00	0.93	0.86	0.80	0.75	0.70	0.65	0.61	0.57	0.53	0.50

Figura 1 - Tabela relacionando entre a transferência de treinamento por hora de treinamento em simulador. (Fonte: Roscoe (1971)).

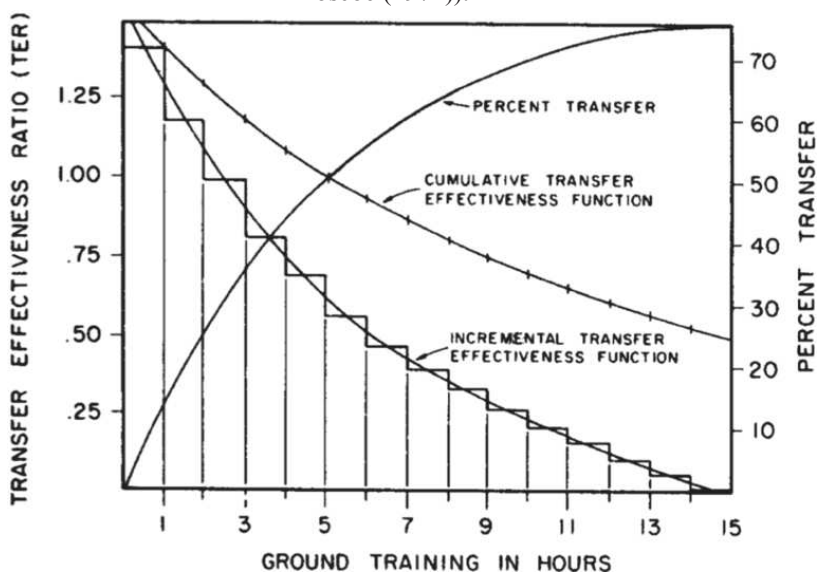


Figura 2 - Representação gráfica dos valores da Figura 1. (Fonte: Roscoe (1971)).

Isto foi demonstrado por Roscoe (1971), descobrindo que o treinamento inicial em um simulador de voo era mais eficiente do que em aeronaves reais, porém até certo ponto, após o qual a transferência de treinamento começava a diminuir. Deste modo, com base em valores hipotéticos e alguns estudos anteriores, as figuras 1 e 2 relacionam os valores de TER, ITEF e CTEF com o número de horas de treinamento em simuladores de voo, e representaram ainda a diminuição da transferência de treinamento na medida em que o tempo de treinamento vai aumentando.

No caso de treinamento de voo, são necessárias comparações diretas dos custos operacionais dados pela razão entre o custo operacional da hora do treinamento em simuladores de voo e da aeronave real, a fim de fornecer um guia para o ponto de corte de custo-benefício na escala TER. Esta razão foi chamada de *Training Cost Ratio* (TCR) e é representada pela seguinte equação (ROLFE; CARO, 1982):

$$TCR = \frac{\text{Custo de operação em simulador de voo}}{\text{Custo de operação na aeronave real}}$$

A relação dita acima, entre o TER e o TCR, é feita pela equação abaixo denominada de *Cost Effectiveness Ratio* (CER) (ROLFE; CARO, 1982):

$$CER = \frac{TER}{TCR}$$

- CER > 1 indica que um treinamento econômico pode ser alcançado.

Substituindo por valores as variáveis acima:

$$TER = \frac{50 - 10}{50} \rightarrow TER = 0.8$$

Considerando agora que o custo por hora do treinamento em simuladores de voo seja 35\$, enquanto que o custo por hora do treinamento em aeronaves reais seja de 300\$, tem-se:

$$TCR = \frac{35\$/h}{300\$/h} \rightarrow TCR = 0.11$$

Aplicando os resultados acima na fórmula CER, tem-se:

$$CER = \frac{0.8}{0.11} \rightarrow CER = 7,27$$

Este resultado demonstra que, neste caso, de acordo com estes valores, o treinamento em simuladores de voo teria um bom custo-benefício. Um custo elevado no treinamento em simuladores de voo, demonstraria um possível mal planejamento do mesmo, pois teria sido causado pelo uso desnecessário de simuladores de alta fidelidade, e ainda, por ter um longo período de duração. Ainda assim, caso o resultado demonstre um elevado custo no treinamento, isto não significa que não se deve usar este treinamento. Algumas variáveis como as condições da aeronave, meteorologia, congestionamento de tráfego aéreo e segurança, tornam ainda o uso do treinamento de solo viável (ROSCOE; WILLIGES, 1980). A relação CER, demonstrada através da resolução das fórmulas e das interpretações dos seus respectivos resultados, pode ainda ser representada em forma de gráfico, conforme feito por Rolfe e Caro (1982):

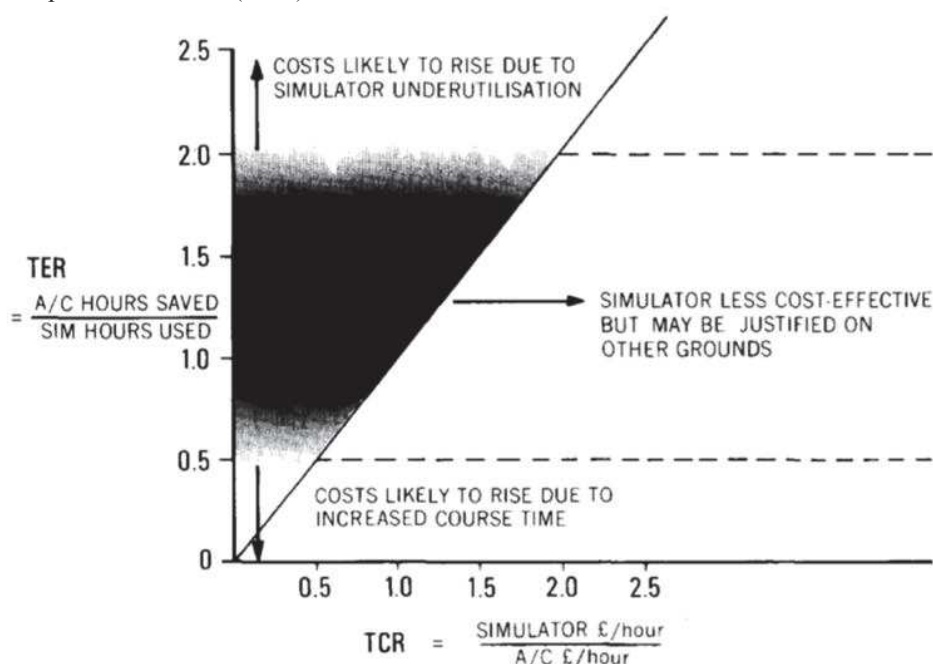


Figura 3 - Representação gráfica da relação entre o TER e o TCR. (Fonte: Rolfe e Caro (1982)).

O gráfico acima demonstra como é possível antecipar os limites de custo-benefício do treinamento. Pode acontecer dos custos do treinamento serem identificados mais cedo como estando fora das regiões de custo-benefício. Nesses casos, o reconhecimento precoce da situação permite a reavaliação do programa de treinamento ou o fornecimento de informações objetivas adicionais para apoiar o programa por motivos que não sejam apenas custos, como as variáveis ditas acima.

### 3 FIDELIDADE

Com o passar dos anos, devido ao próprio desenvolvimento de tecnologias, os simuladores acabaram tornando-se complexos e de certo modo mais fiéis à realidade. Pode-se dizer que conceitos como o de fidelidade e o de transferência de treinamento, são fundamentais quando se tratando da efetividade dos simuladores de voo. Segundo Noble (2002) a fidelidade é o grau em que um simulador ou experiência simulada imita o mundo real. Quanto a Hays e Singer (1989), a fidelidade é definida pelo quão semelhante deve ser uma situação de treinamento, em relação à situação operacional real, a fim de treinar com mais eficiência. Gerathewohl (1969) da *Federal Aviation Administration* (FAA), define fidelidade como o grau com que um dispositivo reproduz com precisão um efeito específico.

A fidelidade, ainda, é usada como o conceito de organização para determinar como conduzir análises de tarefas e usar seus resultados para tomar decisões de *design* de sistemas de treinamento (fidelidade física e cognitiva). A fidelidade interage com vários parâmetros para determinar a eficácia de um determinado treinamento. O efeito da fidelidade no treinamento não é simples, e é modificado pelo contexto total de treinamento (HAYS; SINGER, 1989). Bunker (1978) afirma que houve progresso somente quando as pessoas perceberam que, em vez de ponderar como alcançar o realismo, devem perguntar como alcançar o treinamento. Hamstra et al. (2014), identificou durante o seu estudo como um dos pontos mais importantes, o fato do mesmo simulador poder ser visto como de alta ou baixa fidelidade. Isto depende de quais recursos serão realçados ou ignorados e que os requisitos de fidelidade variam de acordo com o objetivo do treinamento, concluindo que classificar a fidelidade como alta ou baixa é muito simplista.

Williges, Roscoe e Williges (1973) dizem que decisões como incluir sistemas complexos e caros em simuladores de voo são muitas das vezes determinados pelas atitudes dos alunos e instrutores. Caro (1976) diz que a fidelidade é uma questão de proporcionar relevância à simulação para atingir os objetivos do treinamento, não sendo somente uma correspondência física da aeronave real. Afirma, ainda, que um alto nível de fidelidade gera, de certa forma, uma motivação em quem nela operará. Logo, se um instrutor operar um simulador que realmente se pareça com a aeronave real, isto o motivará e terá um impacto positivo sobre a sua atitude perante o treinamento que, por conseguinte, também refletir-se-á no aluno.

Para Noble (2002), quando se trata de uma avaliação em uma aeronave real, espera-se que os pilotos *experts* (experientes) reajam com precisão e eficiência, enquanto é esperado que os pilotos *novices* (neófitos) cometam certos erros no processo de aprendizado. Portanto, pode-se deduzir que a alta fidelidade é desejada em dispositivos de treinamento, baseados em simulações que se propõem a prever o desempenho de pilotos experientes em situações do mundo real. Ryder, Redding e Beckschi (1987), definiram pilotos experientes como sendo mais flexíveis na resolução de problemas, podendo acessar mais prontamente seus conhecimentos sobre uma determinada tarefa, e de serem mais capazes de monitorar e regular seu desempenho. Adams (1993) afirma que a velocidade e a precisão para a resolução de problemas, usando a memória, é o processo fundamental que explica as diferenças entre as capacidades de pensamento de pilotos experientes e neófitos.

Seguindo este raciocínio, a expertise, é outro fator a ser levado em consideração. Isto acontece tanto com a fidelidade física quanto com a fidelidade cognitiva. Pilotos experientes requerem uma maior fidelidade do simulador de voo e do treinamento em si (NOBLE, 2002). No caso da fidelidade física, seria o grau de semelhança do simulador de voo com a aeronave real. Uma maior fidelidade cognitiva será alcançada em um simulador que estimule cognitivamente o aluno, e ainda, através de um programa de treinamento estruturado para desenvolvimento destas habilidades.

Para Adams e Ericsson (1992), estudos demonstram que a expertise facilita a aquisição e integração da informação presente e consequente tomada de decisão, de acordo com as suas experiências prévias. Em um treinamento baseado em cenários, por exemplo, pilotos experientes tomariam decisões mais sábias e sensatas, com base na sua experiência e vivência adquiridas durante seus voos reais. Já um piloto neófito, tomaria uma decisão coerente com o seu grau de conhecimento do momento, sendo muitas das vezes tomada pela primeira vez e, talvez, julgada como não cabível na respectiva situação. Requer-se, assim, uma avaliação que leve em consideração o nível de experiência do piloto.

Inicialmente, Miller (1974), em suas considerações para os projetos de dispositivos de treinamento, afirmou que os estudos nunca mostraram que a alta fidelidade está associada a um baixo nível de treinamento, ou mesmo *negative transfer of training*. Posteriormente, esta declaração foi constatada como falsa. Em um estudo da Força Aérea Americana (MARTIN; WAAG, 1978), foi demonstrado que os simuladores de voo com alta fidelidade forneciam demasiadas informações para os neófitos e, na verdade, prejudicavam o seu treinamento.

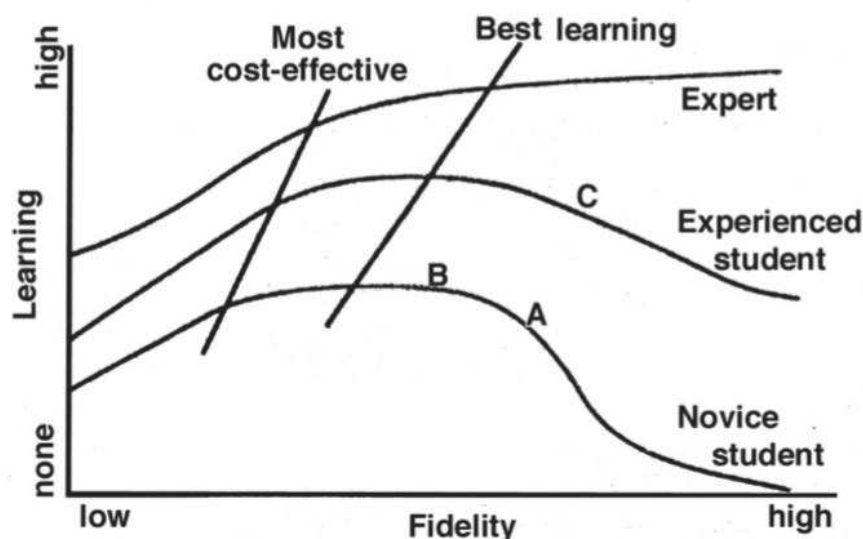


Figura 4 - Grau de fidelidade em função do nível de aprendizagem. (Fonte: Alessi (1988)).

Percebe-se, que a taxa de melhor transferência de treinamento está em uma faixa intermediária de fidelidade física e cognitiva, sendo que quanto maior a experiência do piloto, mais alto é o nível de fidelidade e de melhor transferência de treinamento. Na medida em que esta fidelidade aumenta, maior é a transferência de treinamento em pilotos experientes, enquanto que para os pilotos neófitos, a transferência de treinamento cai bruscamente. Desta maneira, o treinamento com custo-benefício se encontra em uma faixa entre a baixa fidelidade e a fidelidade intermediária, justamente por dispender menos recursos. A taxa de melhor transferência de treinamento deverá, sempre, procurar ser alcançada. Através do planejamento de programas de treinamento com objetivos bem definidos, torna-se possível a escolha adequada do nível de fidelidade para o treinamento que se propõe.

### 3.1 FIDELIDADE FÍSICA

A fidelidade física segue o princípio de elementos idênticos, sendo definida como o grau em que a simulação se assemelha, soa e representa a tarefa real (ALEXANDER et al., 2005). De acordo com estudos, quanto maior for a quantidade de elementos idênticos entre o simulador e a aeronave real, maior será a transferência de treinamento. Porém, nem sempre é possível atingir um nível elevado de fidelidade física em simuladores. De acordo com Blaiwes, Puig e Regan (1973), alguns desvios deste padrão considerado ótimo de fidelidade física ocorrem devido a 4 razões:

- Efetividade do treinamento - é contrário à boa prática de treinamento tentar fazer do treinamento uma réplica exata do mundo real. Assim, dependendo do objetivo do treinamento, uma alta fidelidade física pode não ser necessária;
- Rentabilidade - um simulador de alta fidelidade exige um gasto maior de recursos, assim como um treinamento em uma aeronave real. Caso seja possível atingir um bom nível de transferência de treinamento com um custo menor, com certeza deverá ser levado em consideração;
- Segurança - o trabalho em si pode ser muito perigoso para ser praticado em um contexto de treinamento;
- Barreiras tecnológicas - devido à complexidade da tecnologia e a seu alto custo, por vezes não é possível atingir o nível desejado de fidelidade física.

A influência desta no treinamento de pilotos foi demonstrada em relatórios finais de vários acidentes aeronáuticos, como fatores contribuintes. Um deles, é o caso do voo 587 da *American Airlines*, cujo estabilizador vertical despreendeu-se da aeronave após sucessivas aplicações de pedal por parte do piloto. O *American Airlines 587* passava pela esteira de turbulência<sup>1</sup> de outra aeronave que decolara instantes antes. Após as investigações a *National Transportation Safety Board* (NTSB) realçou dois fatores contribuintes relacionados ao treinamento no simulador: primeiro, o instrutor instruiu de forma errônea o piloto sobre a aplicação do pedal e, segundo, devido à baixa fidelidade do simulador, fez com que a resposta do mesmo sobre as aplicações dos pedais fosse consideravelmente diferente em relação à aeronave real (NTSB, 2004). Isto caracteriza-se como transferência negativa de treinamento, uma vez que as habilidades adquiridas durante o treinamento no simulador, foram equivocadas e inadequadas, vindo a refletir-se na aeronave real. Apresentando de antemão, a importante relação entre a fidelidade física e seus possíveis desvios, com o instrutor de voo.

Estudos apontam que a influência da fidelidade do simulador no treinamento é de certo modo variável. Dependendo do tipo de treinamento e da fase da aprendizagem do piloto-aluno, um simulador com um baixo nível de fidelidade pode não

<sup>1</sup> Esteira de turbulência - perturbações causadas por um ou mais pares de vórtices cotrrotativos que se arrastam nas pontas das asas das aeronaves, causados pelo diferencial de pressão entre o extradorso e o intradorso da asa (FAA, 2014).



necessariamente se mostrar prejudicial, podendo satisfazer às necessidades do treinamento naquele momento, em uma determinada etapa ou treino específico. Hamstra et al. (2014) diz que uma ênfase indevida na alta fidelidade pode direcionar a atenção do aluno para aspectos irrelevantes do simulador de voo e distanciar-se dos elementos centrais do objetivo primário de treinamento. Isto faz com que um simulador de alta fidelidade não seja de todo necessário pelo fato da transferência de treinamento já ter sido alcançada. Como consequência ter-se-á uma economia de recursos, pois claramente um simulador de baixa fidelidade depende de menor custos de instalação e manutenção.

Em alguns casos a alta fidelidade se faz necessária. Além de possuir um painel em escala real e sistemas similares aos da aeronave real, um dos fatores que muito influenciam na questão da fidelidade física é o *motion*. Para Lee (2005) *motion* é um sistema responsável e capaz de mover todo o simulador em torno de um ou mais eixos. Em simuladores *motion*, dois tipos de movimentos são apresentados: o movimento que está correlacionado com a manobra do piloto é chamado de *correlated motion* ou *maneuver motion*, e o movimento que está relacionado com as mudanças ambientais é chamado de *disturbance motion* (movimento de perturbação devido a cisalhamento do vento, turbulência ou falha do motor). Ambas as fontes de movimento podem fornecer um *feedback* ou retorno que é usado para o piloto ajustar o seu voo (GRUNDY et al., 2016; CARO, 1979). Observa-se na figura abaixo, a relação entre o *maneuver motion* representado como *pilot control inputs*, *disturbance motion* representado como *weather and other effects* e as suas interferências nos atuadores da plataforma do simulador.

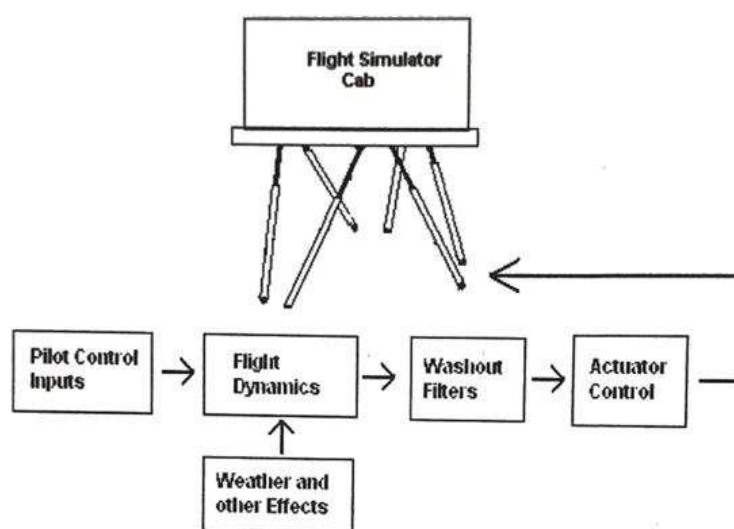


Figura 5 - Ilustração de uma plataforma *motion* de simulador. (Fonte: Lee (2005)).

Tomando como exemplo um treinamento prático no simulador de voo para a recuperação de *stall*<sup>2</sup>. Neste caso é necessário um alto nível de fidelidade do simulador (através do uso de atuadores hidráulicos) para reproduzir o *motion* e, até, com a instalação de um dispositivo de vibração no manche para reproduzir o *buffet*<sup>3</sup>, como o *Stick Shaker*<sup>4</sup> em aeronaves de grande porte. Isso claramente aumentará a transferência de treinamento, visto que o piloto em instrução conseguirá evidenciar os indícios de um *stall* e conseqüentemente, saber agir corretamente quando o mesmo acontecer em um voo real.

Pode-se usar a mesma explicação acima, para um treinamento *multi engine*. Visto que o *motion* daria uma percepção mais acurada do motor em pane, e assim realizar o respectivo procedimento de forma mais agilizada e segura. Contudo, no caso de um treinamento *multi engine* em um simulador não *motion*, isto obrigaria o aluno a identificar outros meios que também são capazes de indicar de forma precisa a guinada e, conseqüentemente o motor em pane. Muitos estudos falharam em apontar a real influência do *motion* em um treinamento *multi engine*.

### 3.2 FIDELIDADE COGNITIVA

Esta abordagem, considera ainda a fidelidade como sendo algo importante e necessário para a transferência de treinamento. Todavia não é a fidelidade física, com seu nível otimizado, que é levada em consideração nesta análise. O ponto central é a fidelidade cognitiva, que é a forma como o treinamento, ou o simulador, envolve cognitivamente o aluno (KAISER; SCHROEDER, 2003).

<sup>2</sup> *Stall* - é uma condição aerodinâmica na qual ocorre uma perda de sustentação e um aumento no arrasto quando voando em ângulos de ataque maiores do que o ângulo de ataque na qual a sustentação é máxima (ângulo de ataque crítico) (FAA, 2000).

<sup>3</sup> *Buffet* - é uma vibração sentida a bordo da aeronave causada geralmente pelo descolamento e turbilhonamento do fluxo de ar (Boeing, 2001).

<sup>4</sup> *Stick Shaker* - é um dispositivo mecânico que vibra o manche da aeronave para avisar sobre o início do *stall*. Nada mais é do que uma indicação artificial do *buffet*.

Para Lee (2005), fidelidade cognitiva refere-se à variedade de funções mentais de alta demanda, como a memória, atenção e raciocínio simbólico. Este processo cognitivo individual gera uma certa demanda sobre os recursos mentais disponíveis do piloto. Habilidades de voo dos pilotos que são certamente dependentes de um certo processo cognitivo, são classificadas como habilidades cognitivas. Gerenciamento da carga de trabalho, planejamento, comunicação, procura por solução de problemas e o processo decisório, são exemplos de processos cognitivos muito frequentes no dia a dia dos pilotos.

Acrescenta<sup>5</sup> ainda que, para o simulador prover um alto nível de fidelidade cognitiva, o projetista do simulador deve ter um grande entendimento e conhecimento sobre o ambiente de tarefas operacionais dos pilotos. Este ambiente de tarefas operacionais pode se diferenciar amplamente, dependendo do tipo de operação da aeronave para o qual cada piloto está sendo treinado. Com isso, a simulação de uma mesma aeronave pode ser consideravelmente diferente, de acordo com o ambiente operacional, realçando mais uma vez a importância de um programa de treinamento e da definição de objetivos a serem atingidos. Estes ambientes de tarefas operacionais podem ser introduzidos no treinamento através de programas como o *Line-Operations Simulation* (LOS) e o *Line-Oriented Flight Training* (LOFT) que muito são utilizados pelas companhias aéreas nos dias de hoje.

O LOFT<sup>6</sup> é o programa que se refere ao uso de um simulador de treinamento e um cenário altamente estruturado, para simular o ambiente operacional, visando ao treinamento de tripulações de voo. São cenários e situações que geram uma elevada carga de processos mentais durante o treinamento, exigindo muito das habilidades não técnicas dos pilotos, como o gerenciamento de cabine, processo decisório, resolução de problemas e a comunicação entre a tripulação. O LOS<sup>7</sup>, por sua vez, é usado pelo LOFT para auxiliar no desenvolvimento e na avaliação de procedimentos operacionais e novos equipamentos, verificação de proficiência e ainda na pesquisa de fatores humanos na cabine.

Um dos meios para a definição de um programa de treinamento que leve em consideração os processos cognitivos associados a uma determinada tarefa, é o *Cognitive Task Analysis* (CTA). Seamster e Redding (1997) definem CTA como uma nova abordagem para treinamento, projeto de sistemas e gerenciamento de recursos humanos. Ele descreve as habilidades cognitivas que suportam o desempenho no trabalho, como compreensão conceitual, tomada de decisão, resolução de problemas, alocação de atenção e planejamento e gerenciamento de carga de trabalho.

O CTA descreve os processos mentais que suportam o desempenho no trabalho e as interações dos pilotos com o computador e outras formas de automação do sistema. Particularmente, quando combinado com a análise comportamental, o CTA fornece um retrato abrangente de como o pensamento e o comportamento guiam o desempenho humano. Esta análise pode ser feita através de métodos como entrevistas cognitivas, comunicação entre a equipe, reportes verbais e escalas psicológicas. Todavia, estes métodos só são possíveis, quando se identificam as estruturas e processos cognitivos essenciais (SEAMSTER; REDDING, 1997):

- a) Conhecimento - conceitos de trabalho, princípios ou regras;
- b) Conhecimento estrutural - a organização mental que descreve as inter-relações entre os principais conceitos, princípios ou regras do trabalho;
- c) Habilidades automáticas - atividades cognitivas ou físicas que os especialistas podem executar com rapidez, sem esforço e com pouca atenção consciente, liberando assim recursos mentais para realizar outras tarefas (o termo habilidades automáticas não está relacionado à automação do sistema);
- d) Habilidades de representação - a representação mental dinâmica (imagem mental) de uma tarefa, processo ou sistema de tarefa que melhora o desempenho da tarefa permitindo que o trabalhador preveja os resultados antes de executar uma ação. As habilidades de representação desempenham um papel fundamental na manutenção da conscientização da situação;
- e) Táticas de tomada de decisão e solução de problemas - heurísticas, algoritmos e regras práticas para decidir entre alternativas;
- f) Estratégias de alto nível - estratégias de controle mental para planejar, monitorar e ajustar o desempenho.

Com o passar dos anos, e com o desenvolvimento da tecnologia, a demanda cognitiva requerida do piloto vem aumentando consideravelmente. As próprias companhias aéreas solicitam em seus *Standard Operational Procedures* (SOP)<sup>8</sup> que os pilotos usem o máximo da automação possível, fazendo com que etapas do voo, como o de cruzeiro, não exijam deles a pilotagem propriamente dita, mas sim que gerenciem os modos do piloto automático, cálculos mentais, solução de problemas e

<sup>5</sup> LEE, Alfred T. **Flight Simulation: virtual environments in aviation**. Burlington: Ashgate Publishing Company, 2005.

<sup>6</sup> LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. **Guidelines for Line-Oriented Flight Training**. 1981, v. 1, p. 5.

<sup>7</sup> LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. **Guidelines for Line-Oriented Flight Training**. 1981, v.1, p. 5.

<sup>8</sup> SOP - o procedimento operacional padrão fornece aos tripulantes de voo um guia de como realizar as operações de uma aeronave de maneira efetiva, segura e coordenada de acordo com as orientações do fabricante e da companhia aérea.

tomada de decisão, entre outros vistos acima. Tudo isso, aumenta a carga de trabalho e os processos cognitivos dos pilotos, demonstrando a importância de uma análise das tarefas cognitivas necessárias no treinamento.

	<b>Task</b>	<b>Cognitive Process</b>
<b>Cruise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planning/preparation</li> <li>- Monitoring aircraft state parameters</li> <li>- Monitoring/processing radio communications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Long term/working memory</li> <li>- Attention allocation</li> <li>- Working memory and attention allocation</li> </ul>
<b>Descent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoring/correcting aircraft state parameters</li> <li>- Monitoring/processing ATC radio communications</li> <li>- Monitoring of broadcast communications for terminal area information</li> <li>- Airport diversion decision</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Attention allocation</li> <li>- Working memory and attention allocation</li> <li>- Attention allocation long term &amp; working memory</li> <li>- Decision making</li> </ul>
<b>Approach</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoring/correcting aircraft state parameters</li> <li>- Monitoring of communication for ATC directives</li> <li>- Review approach procedures</li> <li>- Continue/discontinue approach</li> <li>- Airport diversion decision</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Attention allocation and working memory</li> <li>- Attention allocation</li> <li>- Long term/working memory</li> <li>- Decision making</li> <li>- Decision making</li> </ul>

**Figura 6** - Tarefas e processos cognitivos em diferentes etapas do voo durante uma aproximação por instrumentos. (Fonte: Lee (2005)).

Na figura 6, nota-se a relação entre as tarefas e os processos cognitivos associados a elas. Uma vez que cada tarefa corresponde a um determinado conjunto de processos cognitivos, é essencial que isto seja levado em consideração durante toda a elaboração do treinamento, para que assim, seja possível alcançar um objetivo específico. A capacidade de planejar e estruturar corretamente uma sequência de treinamento adequada, garante a efetividade deste e, por conseguinte, transferência de treinamento.

A fidelidade cognitiva no treinamento em simuladores de voo, pode ser implementada com o desenvolvimento de programas de treinamento que construam uma base de conhecimento flexível e acessível, com modelos mentais eficientes para a compreensão e o desempenho das tarefas. Com isto, o aluno possui diversas ferramentas para realizar tarefas complexas, em vez de apenas aprender uma sequência de ações de um certo procedimento. Além disso, a abordagem cognitiva pode facilitar muito a transferência de treinamento, ensinando habilidades metacognitivas<sup>9</sup>, como estratégias de aprendizagem e resolução de problemas (RYDER; REDDING; BECKSCHI, 1987).

Fatores psicológicos e preceptivos como consciência situacional, ansiedade, estresse e o processo decisório, são muito importantes para a efetividade do treinamento nestes casos (TABER, 2014). Um treinamento que requer um alto nível de atenção do piloto e produz efeitos psicológicos como os citados acima, é considerado de alta fidelidade cognitiva pois duplica a situação cognitiva em relação ao mundo real, em que o piloto deve monitorar vários sistemas e planos simultaneamente (HOCHMITZ; YUVILER-GAVISH, 2011).

Independentemente do nível de experiência do piloto, geralmente não se consegue realizar múltiplos processos cognitivos ao mesmo tempo. Por exemplo, refazer a navegação, mentalmente calcular o combustível remanescente e negociar esta nova rota com o controlador de tráfego aéreo durante o voo. Isto geralmente exige uma grande demanda mental do piloto e, na medida em que a aeronave e o espaço aéreo vão se tornando mais complexos, as habilidades cognitivas do piloto despontam com sua grande importância (LEE, 2005).

A automaticidade seria um exemplo de habilidade possível a ser desenvolvida através de tarefas cognitivas, condicionando de certa forma o piloto a ter reações automáticas em certas situações, sem muita concentração mental, com

<sup>9</sup> Habilidades metacognitivas – é um termo usado para descrever diferentes aspectos do conhecimento que construímos sobre como nós percebemos, recordamos, pensamos e agimos. É um pensamento sobre o pensamento, uma cognição sobre a cognição (PEIXOTO; BRANDÃO; SANTOS, 2007).

pouco esforço aplicado e sem precisar prestar muita atenção para detectar os problemas. Quando estas tarefas que possam ser executados automaticamente são inteligentemente analisadas e escolhidas, são vantajosas para o desempenho, especialmente sob condições de estresse, carga de trabalho excessiva ou vigilância (RYDER; REDDING; BECKSCHI, 1987).

A fidelidade cognitiva no treinamento de simulação para aquisição de habilidades processuais pode ser alcançada projetando o simulador para suportar imagens motoras. Em sua definição mais básica, a imagem motora é um processo no qual o indivíduo imagina a ação autoexecutada (ANNETT, 1995). Isto seria o voo mental, que é muito recomendado para alunos durante o seu treinamento, principalmente na fase inicial, onde ele é capaz de imaginar cada etapa de uma determinada tarefa do voo, facilitando a memorização destas tarefas ou procedimentos e aumentando a agilidade nos mesmos.

#### 4 RELAÇÃO ENTRE A FIDELIDADE E A TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

Acredita-se que vários fatores afetam a transferência de treinamento. A maioria diz respeito a diferentes aspectos da fidelidade da simulação. Além do desejo de treinar com segurança manobras perigosas no solo, a principal razão para a construção de simuladores de voo é oferecer treinamento com custo reduzido. Portanto, investigar quais facetas do simulador contribuem, ou não, para transferência de treinamento, é uma questão crucial. A transferência de treinamento não é uma função linear em relação à fidelidade (BORGVALL et al., 2007).

Segundo Simon e Roscoe (1984), um dos princípios que deve ser seguido quando se estiver relacionando a fidelidade com a transferência de treinamento é: A transferência de treinamento do simulador de voo para a aeronave real é uma função positiva do grau em que o simulador de voo reflete fielmente as características da aeronave real. O efeito deste princípio tem se refletido em simuladores de voo com uma alta fidelidade física. Porém é reconhecido que *task similarity* (similaridade da tarefa) não depende necessariamente da fidelidade física. Para Micheli (1972) o modo como um dispositivo ou simulador é usado pode influenciar diretamente no aprendizado e na transferência em maior grau do que o *design* ou fidelidade do simulador ou treinamento.

Diante dos conceitos anteriormente abordados, nota-se uma relação entre eles. Esta relação foi evidenciada por Lee (2005), afirmando que a presença de baixa fidelidade pode levar a uma transferência negativa de treinamento com resultados inseguros e até mesmo catastróficos. Hays e Singer (1989), concluíram através do senso comum que o aumento da transferência de treinamento é associado a níveis mais altos de fidelidade em simuladores. Para Caro e Prophet (1971) muitos dos simuladores nos dias de hoje são projetados e desenvolvidos para melhorar a transferência de treinamento ao invés de tentarem duplicar ao máximo a fidelidade física quando comparado à aeronave real.

Hochmitz e Yuviler-Gavish (2011) realizaram um estudo simples que dividiu os entrevistados em dois grupos, consistindo de um grupo de fidelidade física e um grupo de fidelidade cognitiva. Um simulador virtual tridimensional foi usado. As medidas de desempenho incluíram o tempo de treinamento, o número de erros finais, o tempo de teste, o número de erros corrigidos e o tempo usado para corrigir os erros. Os autores concluíram que, para o desenvolvimento de habilidades processuais em tarefas psicomotoras, era necessária tanto uma abordagem de treinamento com um certo nível de fidelidade cognitiva, quanto um treinamento com um certo nível de fidelidade física.

Contudo, alguns estudos demonstram que a fidelidade do simulador pode não ser necessariamente um indicativo de melhora no treinamento. De acordo com Bürki-Cohen et al. (2000), pesquisas indicaram que mesmo em simuladores *motion*, não se constatou nenhuma melhora de uma maneira operacionalmente significativa para as manobras nas quais foram testadas. Lintern et al. (1989), notam em seu estudo sobre o bombardeamento de ataque ao solo que a diminuição da fidelidade física nem sempre leva a uma diminuição na transferência de treinamento. Vaden e Hall (2005) concluíram que o desempenho do simulador e o desempenho da transferência subsequente não mostraram uma relação direta. Lintern et al. (1989) diz que a fidelidade física não é um requisito para uma transferência de treinamento positiva.

Muito é dito que as companhias aéreas sempre usaram simuladores de forma eficaz por causa de seus pilotos sofisticados e já preparados. Sabendo tudo o que há para saber sobre voar, sendo apenas uma questão de ensiná-los a operar um novo equipamento ou aeronave. Nestes casos, a alta fidelidade do simulador aliada a pilotos experientes, é de extrema conveniência e importância uma transição rápida e eficiente do simulador de voo para a aeronave real. De acordo com esse raciocínio, uma vez que um piloto na fase inicial de graduação não é tão bem qualificado quanto o piloto ingressando em uma companhia aérea, seu treinamento deve ser conduzido majoritariamente no ar (CARO, 1972).

Segundo Lathan (et. al. 2002), o nível de fidelidade do simulador deve variar de acordo com o que é solicitado pela tarefa. Com isso, é possível haver transferência de treinamento através de determinadas tarefas que não necessariamente repliquem o mundo real, mas que provoquem estímulos e um certo esforço cognitivo que serão úteis em situações reais. O que é o caso da aquisição de habilidade em um treinamento de regras de voo por instrumentos (IFR - *Instruments Flight Rules*), onde a fidelidade física do simulador tem um papel discutível. O voo por instrumentos tem o objetivo de realçar o uso dos instrumentos para controlar a aeronave, e navegar principalmente em condições de baixas visibilidades. Não necessitando de telas que representem o cenário externo do voo, por exemplo, e tão pouco de um painel que seja idêntico à aeronave real, sendo importante apenas a representação exata e fiel dos instrumentos utilizados em voos IFR. Pois as manobras básicas como

curvas, subidas e descidas, manutenção de uma radial e localizador, manutenção da proa, velocidade e altitude são facilmente feitas pela visualização dos instrumentos da aeronave, sendo que este é o real objetivo do treinamento IFR, à capacidade de voar a aeronave fora de condições visuais. A tela para representação do cenário externo será necessária apenas para ações como pousos e decolagens (LEE, 2005).

Borgvall et al. (2007) afirma que fidelidade e sua relação com a formação é uma questão crucial, mas altamente contextual. Para evitar o excesso de investimento, os projetistas e desenvolvedores de simuladores precisam determinar níveis adequados de fidelidade para alcançar os efeitos de treinamento desejados. Este nível adequado pode ser identificado através de um estudo para a definição de um programa de treinamento, para assim adequarem os simuladores e a instrução de acordo com a transferência de treinamento que pretende-se fazer. Essa filosofia é geralmente chamada de fidelidade direcionada. Sendo interessante, usar uma combinação entre as fidelidades física e a cognitiva, aliada ao programa de treinamento, para facilitar e efetivar o treinamento de determinadas tarefas processuais, visto que as duas fidelidades têm vantagens complementares.

## 5 PAPEL DO INSTRUTOR DE VOO

Este papel fica evidente, através de Hays e Singer (1989), enunciando que uma melhor utilização dos recursos instrucionais pode melhorar o programa geral de instrução. Ainda assim, afirma que os pesquisadores agora estão cientes de que a forma como o dispositivo é usado para cada tarefa pelos instruídos e pelos instrutores, é tão importante quanto as suas características de fidelidade. O instrutor é, muitas vezes, negligenciado neste processo, apesar do seu papel como um elemento-chave no sucesso do treinamento (LEE, 2005).

Para que esta influência seja determinante, é esperado que o instrutor tenha conhecimento e experiência de voo na aeronave em questão. Conforme aponta o estudo de Myers, Starr e Mullins (2018) é imperativo que o instrutor identifique as diferenças entre o simulador e a aeronave, para evitar que as deficiências conhecidas do simulador criem uma transferência negativa de treinamento. As lacunas originadas por baixa fidelidade, devem ser preenchidas pelo instrutor, alertando os alunos sobre as deficiências do simulador. O papel do instrutor em minimizar as desvantagens do simulador é fundamental para uma transferência de treinamento positiva.

Exerce o seu papel durante a aplicação do treinamento, para que seja possível alcançar os objetivos. Gagne, Briggs e Wager (1992), afirmam que é importante definir os objetivos de cada sessão ou missão de um programa de treinamento, para que se atinja com êxito o objetivo final do mesmo. De acordo com eles, existem nove eventos instrucionais essenciais durante a estruturação e aplicação de um programa de treinamento, que são:

- a) Ganho de atenção - mostre que um treinamento bem estruturado, pode ser muito efetivo para os seus alunos.
- b) Identificar e informar o aluno sobre o objetivo - colocar a questão: "O que é esperado que o aluno aprenda no final do treinamento?", após isso, informe e esclareça ao aluno qual foi o objetivo definido.
- c) Lembre-se de aprender antes – é muito importante que o instrutor tenha total domínio sobre aquilo que se pretende transmitir.
- d) Apresente um estímulo – estímulos como mudanças na entoação da voz e perguntas que chamem a atenção do aluno para um determinado instrumento painel, quando necessários, são bem-vindos.
- e) Guia de aprendizagem – dê exemplos, sugestões e assinale previamente a missão, alguns pontos que se considere crucial para a aprendizagem de uma determinada tarefa.
- f) Estimular o desempenho – estratégias com este fim podem ser aplicadas, por exemplo, pedir aos alunos que criem 5 exemplos diferentes sobre o assunto previsto na missão, ou que tarefas de casa sejam dadas no final de cada missão.
- g) Fornecer *feedback* – é interessante, que o instrutor forneça respostas aos seus alunos sobre os seus desempenhos.
- h) Avaliar o desempenho – aplicar um método de avaliação individual que seja coerente com o treinamento, permitindo que o instrutor obtenha amostras de desempenho dos alunos e do próprio programa de desempenho, podendo assim, corrigir as deficiências identificadas nestes.
- i) Aprimore a retenção e a transferência de treinamento – elaborar estratégias que possibilitem o aluno reter a informação, como discussões e revisões sobre a missão anterior.

É importante, que o instrutor, seja capaz de identificar as deficiências de seus alunos nas mais variadas manobras e temas, para assim, poder trabalhar em prol do aumento da taxa de transferência de treinamento, que muito depende de si. Estas deficiências podem, ainda, ser identificadas pelo próprio sistema do simulador, cabendo ao instrutor aliar esta ferramenta ao seu julgamento quando possível, e interpretar corretamente as informações ali apresentadas.

O instrutor nada mais é do que um facilitador do treinamento. É importante que esteja sempre motivado, pois isto se refletirá na qualidade da instrução. Como exemplo, a aplicação do conceito LOFT para a introdução de cenários no treinamento. Um instrutor motivado e bem preparado seria capaz de elaborar e aplicar devidamente um cenário, e acabaria passando esta mesma motivação aos alunos, que também necessitam dela para mergulharem no cenário e levarem a sério o que está sendo proposto. O estudo de Dismukes, Jobe e McDonnell (1997), demonstra que quando o instrutor como um facilitador

do treinamento, utiliza as técnicas certas e de forma eficaz, aumenta substancialmente a participação da tripulação no treinamento e a qualidade da análise e avaliação de seus próprios desempenhos. Estabeleceram assim, cinco técnicas que os instrutores devem utilizar a fim de facilitar o treinamento LOFT, são elas:

- a) Introdução - é esperado que o comportamento esperado da tripulação seja explicado no início da sessão. Uma boa introdução pode motivar o grupo a participar, fornecendo uma justificativa para a sessão.
- b) Escuta ativa - boas habilidades de escuta permitem que o instrutor/facilitador trabalhe com o que a tripulação está dizendo e incentive a participação adicional. A escuta ativa mostra que o facilitador está atento ao orador, compreende o que está sendo dito e quer ouvir mais. A audição ativa pode variar de um simples "uh-huh" ou "ok" ou refletir nas próprias palavras do que um falante está tentando comunicar.
- c) Questões - o uso de questões ao invés de oferecer a resposta de forma instantânea, mostra-se mais eficaz e intensifica a participação da tripulação.
- d) Silêncio - a maioria das pessoas acham o silêncio em um ambiente de grupo desconfortável, e os líderes muitas vezes não permitem mais do que uma pausa de um segundo antes de reformular uma pergunta, por exemplo. No entanto, um segundo pode não ser longo o suficiente para os participantes formularem uma resposta ponderada.
- e) Vídeos - filmar a sessão e mostrar posteriormente aos participantes, ajuda-os a lembrar o que aconteceu e como foram as suas performances em uma determinada situação durante a sessão.

Como visto, o instrutor tem muitos deveres e desempenha vários papéis. Ele deve estar familiarizado com as capacidades e limitações do simulador, conhecer os objetivos da sessão e instruir de forma a obter o melhor desempenho dos alunos que variam em nível de habilidade prática e habilidade cognitiva (LINTERN et al., 1989). Ainda mais, o instrutor é responsável por identificar o estágio do treinamento em que o aluno se encontra, podendo ser mais avançado ou estando apenas no seu início. Do mesmo modo, em considerar o mesmo como experiente ou neófito que, como visto anteriormente, influencia no simulador a ser usado e na posterior transferência de treinamento. Noble (2002) salienta que as evidências empíricas sobre a relação entre o grau de fidelidade do simulador de voo e a transferência de aprendizagem podem ser enganosas, se o responsável ou instrutor não examinar cuidadosamente o estágio de aprendizado dos pilotos.

Os simuladores de alta fidelidade, por si só, não podem fornecer treinamento adequado aos alunos, sugerindo que o grau de fidelidade dentro de um simulador independe da eficácia do treinamento. Em vez disso, a alta fidelidade dentro dos simuladores é mais associada a resultados positivos de treinamento, onde a integração sistemática através de programação instrucional de qualidade permite o envolvimento do aluno (HAMSTRA et al., 2014). Assim, exalta-se a importância do papel do instrutor de voo, visto que ele será capaz de efetivar o treinamento, independente de estar em um simulador de alta fidelidade ou não. Minimiza os pontos negativos que por ventura os simuladores de baixa fidelidade tenham e, como resultado, efetiva o processo de transferência de treinamento.

## 6 RELACÃO ENTRE O INSTRUTOR DE VOO E A TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO

O instrutor tem diversos papéis como facilitador na transferência de treinamento, e nos dias de hoje tornou-se mais um gerenciador de recursos de treinamento. As metas de treinamento estão começando a ser vistas em termos de desempenho mensuráveis, em vez de, principalmente, em termos de horas de voo registradas (CARO, 1973). Assim como para a relação entre a fidelidade e a transferência de treinamento feita acima, vale ressaltar mais uma vez a importância que tem um programa de treinamento com objetivos definidos e, mesmo neste caso mostra-se essencial para a transferência de treinamento. Para Micheli (1972) diferentes objetivos das tarefas de voo se refletem em diferentes efeitos de transferência de treinamento. Através de um programa de treinamento o instrutor é capaz de definir qual tipo de simulador usar, além de estabelecer um rumo para o treinamento em si, de acordo com as habilidades existentes e as a serem atingidas pelos seus alunos (CARO, 1973).

Para Lee (2005), o instrutor pode comunicar aos alunos as diferenças no desempenho do simulador e da aeronave para que eles possam se familiarizar com as diferenças e não serem surpreendidos na aeronave real. Se as habilidades de adaptação e compensação forem excessivas, o instrutor tem a obrigação de relatar essas discrepâncias à equipe desenvolvida do treinamento, para que sejam tomadas as devidas alterações no simulador de voo. O instrutor de voo está diretamente ligado à taxa de transferência de treinamento que será atingida no final do treinamento.

Usando alguns recursos do simulador (função de reposicionamento, de aumentar a velocidade ou de ainda dar *replay* no voo de forma a mostrar para o aluno os seus erros de forma clara), o instrutor pode otimizar o tempo e reduzir os custos gerais de treinamento. Os resultados obtidos pelo método de mensuração de transferência de conhecimento TER (visto anteriormente), podem ser desviados para o positivo se o instrutor reposicionar e reconfigurar rapidamente o simulador (LEE, 2005), pelo fato de acabar diminuindo o tempo de simulador e conseqüentemente efetivando o treinamento.

Uma função importante do instrutor de simulador é o monitoramento do desempenho no treinamento. Isso é necessário para que ele possa fornecer retorno adequado ao aluno, e determinar a sua proficiência no treinamento. Muitos dispositivos de treinamento mais antigos possuem instrumentos repetidores para esse propósito. Geralmente eles estão localizados em uma

posição de instrução remota, e o instrutor obtém, através deles, as informações necessárias de monitoramento de treinamento (PROPHET; CARO; HALL, 1972).

Geralmente, ainda nos simuladores de voo atuais, a inserção de panes é feita pelo instrutor de voo através de uma função específica no simulador. Isto ocorre por opção e não por uma necessidade absoluta. Atualmente existe tecnologia suficiente para o próprio sistema dos simuladores efetuarem esta inserção (PROPHET; CARO; HALL, 1972). Independentemente da forma utilizada, é esperado que o aluno neófito receba uma instrução prévia sobre a pane em questão, em sessões ou aulas anteriores, para que consiga gerenciar e executar o determinado procedimento de emergência, ao mesmo tempo em que é monitorado e avaliado pelo instrutor.

Enaltecendo as técnicas de instrução, por vezes, quando a manobra sugerida em uma sessão é um tanto quanto complexa, ou por ser algo novo, necessita de uma explicação mais abrangente, aliada a uma demonstração, pode-se executar a manobra, inicialmente, com o piloto automático ligado. Por exemplo, caso seja a primeira sessão de treinamento *Instrument Landing System (ILS)*<sup>10</sup> em um programa de treinamento IFR de um aluno, é interessante que se faça o primeiro procedimento ILS no piloto automático. Desta forma o aluno não terá a sua atenção tão dispersa durante o procedimento e, assim conseguirá prestar atenção em pontos que são novos para ele e que de fato fazem a diferença para a realização de um procedimento ILS. Acrescido a isto, durante o procedimento o instrutor é capaz de ir chamando a atenção do aluno para certos instrumentos, acontecimentos e pontos do painel que ele julgue necessário, enquanto segue com as explicações atinentes a cada tópico.

Tem, como um dos seus papéis, o planejamento prévio do programa de treinamento. Ele é capaz de identificar as deficiências presentes em seus alunos e assim, poder definir meios de como alcançar os objetivos do treinamento. Sendo capaz de analisar e levar em consideração todos fatores influenciadores na transferência de treinamento aqui visto, e com base nos recursos disponíveis na sua instituição, comandar o programa de treinamento.

## 7 CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado, conclui-se que a efetividade de um treinamento é influenciada por variados fatores e que todos estes devem passar por uma análise prévia à implementação do treinamento. Realçando a importância de um programa de treinamento adequado e a definição de um objetivo a ser alcançado no final deste, para assim garantir um treinamento economicamente viável e com uma transferência positiva de treinamento.

Verificou-se que a maior taxa de transferência de treinamento ocorre nas primeiras horas do trabalho, e que a tendência é diminuir no decorrer destas, conforme o conceito ITEF. Para além do tempo de duração do treinamento, tem-se ainda o custo deste, que pode ou não tornar viável o treinamento. Caso o custo de um treinamento em simuladores de voo supere o custo de um treinamento na aeronave real, por se usar simuladores de alta fidelidade ou por ser longo demais, isto demonstra que possivelmente o treinamento não foi devidamente planejado. Porém, mesmo neste caso, este treinamento em simuladores de voo ainda poderá ser utilizado, por exemplo, quando a meteorologia ou as condições da aeronave real estiverem degradadas.

Existem diversas fórmulas capazes de mensurar a transferência de treinamento, sendo ainda possível prever se o programa de treinamento será de fato economicamente viável, através da relação CER. Precisa-se antecipar a isto, prevenindo gasto de tempo e de recursos desnecessariamente, com a implementação de um programa de treinamento que posteriormente poderá mostrar-se de baixo custo-benefício. Então, uma análise minuciosa desta relação, se faz necessária durante o planejamento de um programa de treinamento.

Notou-se, que a fidelidade requerida em um treinamento varia, e que a mesma é escolhida com a definição do objetivo do treinamento. Ficou claro que um alto nível de fidelidade, não necessariamente resulta em uma alta transferência de treinamento. O nível de fidelidade adequado do simulador de voo e do programa de treinamento, varia de acordo com o objetivo deste e do grau de experiência dos alunos. Enfatizando que o modo certo de abordagem desta questão, é considerar como pode-se atingir a transferência de treinamento esperada, e não necessariamente um grau de realismo no treinamento. A maior taxa de transferência de treinamento e de custo-benefício, tanto para alunos experientes quanto neófitos é, de modo geral, atingida em faixas intermediárias de fidelidade. A fidelidade cognitiva, depende de uma relação entre as tarefas que se pretende que o aluno realize, em conjunto com os processos cognitivos necessários para a realização destas. Esta tem apresentado a sua importância no decorrer dos anos, na medida em que a tecnologia vem evoluindo e exigindo mais das habilidades não técnicas dos pilotos, como a capacidade de gerenciar a automação, se comunicar com tripulantes, processo decisório e resolução de problemas.

O instrutor de voo tem seu papel aqui presente. De nada adianta ter um simulador de voo de alta fidelidade se o instrutor não tiver capacidade de gerenciá-lo e de tirar dele o máximo de proveito. Caracterizando um desperdício de tempo e recursos que, como visto, é crucial quando se fala na efetividade da transferência do treinamento. É um facilitador responsável por efetivar o treinamento, influenciando diretamente na transferência de treinamento que ali será atingida e, por isso, é importante que esteja sempre motivado. O instrutor pode reduzir o tempo do treinamento por simplesmente saber

<sup>10</sup> ILS - é um auxílio de aproximação por instrumentos de precisão com base em dois feixes de rádio, que juntos fornecem aos pilotos orientação vertical e horizontal durante uma aproximação para uma determinada pista.

manusear as ferramentas disponíveis no simulador. Posto isto, ele possui um papel importante na aplicação de todo planejamento e estruturação de um programa de treinamento, para que se possa aproveitar ao máximo os recursos disponíveis, de forma sábia e eficiente.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, Richard J. How Expert Pilots Think Cognitive Processes in Expert Decision Making. ADVANCED AVIATION CONCEPTS INC JUPITER FL, 1993.
- ADAMS, Richard J.; ERICSSON, Anders E. Introduction to Cognitive Processes of Expert Pilots. ADVANCED AVIATION CONCEPTS INC JUPITER FL, 1992.
- AFIP, Liyana B. A. Motivating Adult Learners Using Blended Learning in Higher Education Institution. *Researchers World: Journal of Arts, Science & Commerce*, Kelantan, v. 5, n. 3, p.35-42, 3 jul. 2014.
- ALESSI, Stephen M. Fidelity in the design of instructional simulations. *Journal of computer-based instruction*, 1988.
- ALEXANDER, A., BRUNYÉ, T., SIDMAN, J. and WEIL, S. From Gaming to Training: A Review of Studies on Fidelity, Immersion, Presence, and Buy-In and Their Effects on Transfer in PC-Based Simulations and Games. DARWARS Training Impact Group, Woburn, 2005.
- ANNETT, John. Imagery and motor processes: Editorial overview. *British Journal of Psychology*, 86.2, p. 161-167, 1995.
- BALDWIN, Timothy T.; FORD, J. Kevin. Transfer of Training: A Review and Directions for Future Research. *Personnel Psychology*, [s.l.], v. 41, n. 1, p.63-105, mar. 1988. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x>.
- BLAIWES, Arthur S.; PUIG, Joseph A.; REGAN, James J. Transfer of Training and the Measurement of Training Effectiveness. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [s.l.], v. 15, n. 6, p.523-533, dez. 1973.
- BOEING. In-Flight Airplane Vibration and Flight Crew Response. *Aero Magazine*, n. 16, 2001.
- BORGVALL, Jonathan et al. Transfer of training in military aviation. *Command and control systems*, Swedish defence research agency (FOI), 2007.
- BUNKER, W. M. Training Effectiveness versus Simulation Realism. In the Eleventh NTEX/Industry Conference Proceedings. Naval Training Equipment Center: Orlando, Florida, 1978.
- BÜRKI-COHEN, Judith et al. Simulator fidelity: The effect of platform motion. In: *Proceedings of the Royal Aeronautical Society conference on Flight Simulation: the next decade*. London, 2000.
- CARO, Paul W. An Innovative Instrument Flight Training Program. SAE Technical Paper, 1971.
- CARO, Paul W. Transfer of instrument training and the synthetic flight training system. Human Resources Research Organization. Alexandria VA, 1972.
- CARO, Paul W. Aircraft simulators and pilot training. *Human Factors*, v. 15, n. 6, p. 502-509, 1973.
- CARO, Paul W. Some factors influencing transfer of simulator training. Human Resources Research Organization. Alexandria VA, 1976.
- CARO, Paul W. The relationship between flight simulator motion and training requirements. *Human Factors*, 21.4, p. 493-501, 1979.
- CARO, Paul W.; Prophet Wallace W. Some considerations for the design of aircraft simulators for training. *Proceedings of Second Annual Psychology in the Air Force Symposium*, U.S. Air Force Academy. Colorado, 1971.
- DISMUKES, R. K. E. Y.; JOBE, Kimberly K.; MCDONNELL, Lori K. LOFT Debriefings: An analysis of instructor techniques and crew participation. 1997.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aircraft Wake Turbulence, Advisory Circular AC 90-23G, 2014.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Stall and Spin Awareness, Advisory Circular AC 61-67C, 2000.
- GAGNE, Robert M.; BRIGGS, Leslie J.; WAGER, Walter W. Principles of instructional design. Holt, Rinehart & Winston, 1992.
- GERATHEWOHL, Siegfried Johannes. Fidelity of simulation and transfer of training: a review of the problem. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, 1969.
- GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- GRUNDY, John G. et al. The effectiveness of simulator motion in the transfer of performance on a tracking task is influenced by vision and motion disturbance cues. *Human factors*, 58.4, p. 546-559, 2016.
- HAMSTRA, Stanley J. et al. Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Academic Medicine*, v. 89, n. 3, p. 387-392, 2014.
- HAYS, Robert T.; SINGER, Michael J. Simulation Fidelity in Training System Design: Bridging the Gap Between Reality and Training. New York: Springer-verlag, 1989. 415 p. (III).



- HOCHMITZ, Ilanit; YUVILER-GAVISH, Nirit. Physical Fidelity Versus Cognitive Fidelity Training in Procedural Skills Acquisition. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [s.l.], v. 53, n. 5, p.489-501, 11 jul. 2011.
- KAISER, Mary K.; SCHROEDER, Jeffrey A. *Flights of Fancy: The Art and Science of Flight Simulation*. In: *Principles and Practice of Aviation Psychology*. Publication of: Lawrence Erlbaum Associates, Incorporated, 2003.
- LATHAN, Corinna E. et al. Using Virtual Environments as Training Simulators: Measuring Transfer. *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*, p. 403-414, 2002.
- LAUBER, J. K.; FOUSHEE, H. C. *Guidelines for Line-Oriented Flight Training*, Volume 1. 1981.
- LEE, Alfred T. *Flight Simulation: Virtual Environments in Aviation*. Burlington: Ashgate Publishing Company, 2005. 137 p.
- LINTERN, Gavan et al. Simulator Design and Instructional Features for Air-to-Ground Attack: A Transfer Study. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [s.l.], v. 31, n. 1, p.87-99, fev. 1989.
- LINTERN, Gavan. An Informational Perspective on skill Transfer in Human-Machine Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [s.l.], v. 33, n. 3, p.251-266, jun. 1991.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.
- MARTIN, Elizabeth L.; WAAG, Wayne L. Contributions of Platform Motion to Simulator Training Effectiveness: Study 2. Aerobatics. AIR FORCE HUMAN RESOURCES LAB BROOKS AFB TX, 1978.
- MICHELI, Gene S. Analysis of the transfer of training, substitution, and fidelity of simulation of transfer equipment. Training Analysis and Evaluation Group (NAVY). Orlando FL, 1972.
- MILLER, Gary G. Some considerations in the design and utilization of simulators for technical training. AIR FORCE HUMAN RESOURCES LAB BROOKS AFB TEX, 1974.
- MYERS, Paul; STARR, Arnold; MULLINS, Kadie. Flight Simulator Fidelity, Training Transfer, and the Role of Instructors in Optimizing Learning. *International Journal Of Aviation, Aeronautics, And Aerospace*, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 1-26, 19 fev. 2018. Embry-Riddle Aeronautical University/Hunt Library.
- NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. 2004. In-Flight Separation of Vertical Stabilizer, American Airlines Flight 587, Airbus Industrie A300-605R, N14053, Belle Harbor, New York, November 12, 2001. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-04/04. Washington, DC.
- NOBLE, Cliff. The Relationship Between Fidelity and Learning in Aviation Training and Assessment. *Journal Of Air Transportation*, Daytona Beach, v. 7, n. 3, p.33-54, jan. 2002.
- PEIXOTO, Maurício de Abreu Pinto; BRANDÃO, Marcos Antônio Gomes; SANTOS, Gladis dos. Metacognição e tecnologia educacional simbólica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 2007, 31.1: 67-80.
- PROPHET, Wallace W.; CARO, Paul W., HALL, Eugene R. Some Current Issues in the Design of Flight Training Devices. 1972.
- PROPHET, Wallace W.; CARO, Paul W. *Simulation and Aircrew Training and Performance*. 1973.
- ROLFE, J. M.; CARO, P. W. Determining the training effectiveness of flight simulators: Some basic issues and practical developments. *Applied ergonomics*, 13.4, p. 243-250, 1982.
- ROSCOE, Stanley N. Incremental Transfer Effectiveness. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [s.l.], v. 13, n. 6, p.561-567, dez. 1971.
- ROSCOE, Stanley N.; WILLIGES, Beverly H. Measurement of transfer of training. *Aviation psychology*, 2121, p. 50014-8300, 1980.
- RYDER, Joan M.; REDDING, Richard E.; BECKSCHI, Peter F. Training Development for Complex Cognitive Tasks. *Proceedings Of The Human Factors Society Annual Meeting*, [s.l.], v. 31, n. 11, p.1261-1265, set. 1987.
- SEAMSTER, T., REDDING, R. *Applied Cognitive Task Analysis in Aviation*. London: Routledge, 1997. 368 p.
- SIMON, Charles W.; ROSCOE, Stanley N. Application of a multifactor approach to transfer of training research. *Human Factors*, 26.5: 591-612, 1984.
- SWEZEY, Robert W.; ANDREWS, Dee H. *Readings in Training and Simulation: A 30-Year Perspective*. Santa Monica: Human Factors And Ergonomics Society, 2000. 422 p.
- TABER, Michael J. Simulation fidelity and contextual interference in helicopter underwater egress training: an analysis of training and retention of egress skills. *Safety science*, v. 62, p. 271-278, 2014.
- VADEN, Eric A.; HALL, Steven. The Effect of Simulator Platform Motion on Pilot Training Transfer: A Meta-Analysis. *The International Journal Of Aviation Psychology*, [s.l.], v. 15, n. 4, p. 375-393, out. 2005. Informa UK Limited.
- WILLIGES, Beverly H.; ROSCOE, Stanley N.; WILLIGES, Robert C. Synthetic flight training revisited. *Human Factors*, 15, p. 543-560, 1973.
- ....

---

# Nuvens de cinzas vulcânicas e a aviação de grande porte: seus potenciais efeitos na atividade aérea

Natan de Oliveira Lemes<sup>1,2</sup>, Anna Paula Bechepeche<sup>1,3</sup>

1 Pontifícia Universidade Católica de Goiás

2 [natan.lms@gmail.com](mailto:natan.lms@gmail.com)

3 [abechepeche@yahoo.com.br](mailto:abechepeche@yahoo.com.br)

---

**RESUMO:** Nuvens de cinza vulcânica são produzidas por erupções explosivas de vulcões, podendo alcançar grande desenvolvimento vertical, atingindo a altitude onde voam aeronaves comerciais. Quando uma aeronave em voo entra em contato com partículas de cinza, sofre danos em sua estrutura e motores, podendo ter suas capacidades de voo e navegabilidade seriamente comprometidas. Em horas a nuvem pode alcançar grandes altitudes, e a cinza é levada para longe pelos ventos altos. Há esforços conjuntos de vários países para minimizar os efeitos danosos à atividade aérea para tentar prever e monitorar a erupção vulcânica, comunicando-a às tripulações em voo. As nuvens de cinza também podem causar grandes danos econômicos à atividade aérea, pelos distúrbios gerados por sua dimensão. Foi feita uma pesquisa bibliográfica exploratória com base nos autores consagrados nesse tema, fazendo levantamento do que se sabe sobre esse fenômeno natural e os recursos e tecnologias existentes para gerenciar seu risco. O trabalho tem como objetivo analisar como e por que a cinza vulcânica é um perigo para aeronaves em voo, como ela ocorre em forma de grandes nuvens, seus principais efeitos na estrutura da aeronave, quais os distúrbios e danos econômicos pode causar à atividade aérea. É estudada a comunicação de sua ocorrência a tripulações durante o voo e atuais técnicas e tecnologias para diminuir seus possíveis efeitos negativos à aviação. Conclui-se que nuvens de cinza ainda representam um sério risco para as aeronaves em voo, mesmo com as tecnologias das quais a aviação dispõe atualmente para gerenciar potenciais danos.

**Palavras Chave:** Erupção vulcânica. Segurança aérea. Aeronaves em voo.

## Volcanic ashes clouds and large size aviation: potential effects on aerial activity

**ABSTRACT:** Volcanic ashes are produced by volcanic explosive eruptions, reaching great vertical development, rising up to altitudes where commercial aircrafts normally fly. When an airborne aircraft encounters ash particles, it sustains damage to its structure and engines, and may have its flying capabilities and airworthiness severely compromised. In a matter of hours it's possible for the cloud to reach great altitudes, afterwards the ash is taken away by high winds. There are international efforts made by many countries to minimize the damaging effects to aerial routine, and also an endeavor for predicting and monitoring the volcanic eruption, communicating such events to the crews. Ash clouds are also potential cause of great economic losses to the aerial system, due to disturbs created by its dimension. It was made an exploratory research through the authors on this subject, gathering what is well known about this natural phenomenon and the existing resources and technologies to manage its risk. This paper aims on a analyzing how and why volcanic ashes are a hazard to in flight aircrafts, how it occurs on the shape of big clouds, its main effects on the aircraft structure, and which disturbs and economic losses it can cause to aviation. Concerns are made about communicating the occurrence of these clouds to crews during flight and actual techniques and technologies to decrease its possible negative effects to aviation. It's concluded that ash clouds still represent a real risk to aircrafts during flight, even with the existing technologies to manage its potential damages.

**Key words:** Volcanic eruption. Air safety. Airborne aircrafts.

**Citação:** Lemes, NO, Bechepeche, AP. (2019) Nuvens de cinzas vulcânicas e a aviação de grande porte: seus potenciais efeitos na atividade aérea. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N°. 1, pp. 31-44.

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1982 dois jatos comerciais em rota para a Austrália, ao cruzar a Indonésia, perderam empuxo dos motores por ingerir cinzas do vulcão Galunggung em Java, descendo mais de 20.000 pés (CASADEVALL, 1994). Em 1989, no Alasca, uma aeronave Boeing 747 perdeu potência em todos os quatro motores e chegou próximo de colidir com o solo por voar através de uma nuvem de cinzas do vulcão Redoubt.

O que é a cinza vulcânica é uma pergunta antiga, datada desde a antiguidade do homem. Cientistas nas últimas décadas do século 20 conseguiram estudos memoráveis de cinzas vulcânicas e a erupção que as produz, e também utilizaram equipamento em laboratório para estudar os vários tipos de cinzas em escala microscópica. Começaram a ir além de coletar simples amostras em depósitos no chão para coletá-las com aviões e balões em nuvens de erupção a altitudes de até 20 km, explica Casadevall (1994). Foi nessa época também que se começou a dar atenção ao perigo que esse tipo de nuvem representa para aeronaves em voo.

Uma grande preocupação em relação a esse tipo de nuvem e a aviação é o caminho que a informação percorre entre a ocorrência do evento e o seu conhecimento por parte de uma tripulação em voo. Uma de suas principais características é que, a partir da erupção vulcânica, o desenvolvimento vertical da nuvem é rápido e em questão de horas é possível que a ela alcance grandes altitudes em que voam aeronaves comerciais (LECHNER *et al.*, 2017).

Para Bonadonna *et al.* (2012), mitigar o perigo para a segurança aérea requer cooperação e esforço de vulcanologistas, meteorologistas, controladores de tráfego, fabricantes de motores e estruturas e tripulações. Em julho de 1991 aconteceu em Seattle, EUA, o primeiro Simpósio Internacional de cinza vulcânica e segurança aérea. Mais tarde, como resultado das consequências das erupções de 2010 na Islândia para a aviação, 52 especialistas em vulcões, meteorologia, dispersão atmosférica e monitoramento baseado em solo de doze países se reuniram para discutir um modelo de dispersão de cinzas e como melhorar a comunicação entre a comunidade de pesquisa e órgãos operacionais dentro da aviação.

Um dos objetivos do trabalho é entender por que as nuvens de cinzas vulcânicas são um sério perigo para a atividade aérea, especialmente de grande porte. São estudadas as características dessa nuvem, relacionando-a com a atividade aérea e são mostrados seus principais efeitos nocivos para uma aeronave em voo. O trabalho busca discutir, também, os esforços multilaterais dos órgãos e entidades internacionais da aviação com objetivo de atenuar os riscos à atividade aérea, discorrendo sobre tecnologias e recursos atuais que existem para mitigar seus efeitos. Será abordada a comunicação da ocorrência desse fenômeno natural para tripulações durante o voo.

São objetivos específicos do trabalho: apresentar as principais características das nuvens de cinza vulcânica e suas propriedades físicas, elencar seus efeitos na aeronave em voo e potenciais danos à estrutura. Mostrar as principais características físicas e processos de formação das nuvens de cinzas vulcânicas. Analisar tecnologias atuais para mitigar seu risco à aviação e possíveis descontinuidades que possam existir para alertar a tempo tripulações de sua ocorrência.

Será feita uma pesquisa bibliográfica e descritiva, ao estudar e descrever características, propriedades e relações existentes na realidade que abrange as cinzas vulcânicas e a aviação. Para Cervo *et al.* (2007), este tipo de pesquisa ocorre quando se registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos, sem manipulá-los. O método escolhido permite agrupar e descrever informações e posteriormente estabelecer relações dentro da realidade estudada. A pesquisa é feita com base em conhecimento consolidado já existente sobre o assunto em artigos, livros e textos relacionados ao tema.

Espera-se com o trabalho entender a dimensão do problema e descobrir se existem gargalos para que uma tripulação em voo tome conhecimento desse fenômeno a tempo. Para Barros *et al.* (2000), por meio de pesquisas descritivas procura-se descobrir com que frequência um fenômeno ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações e conexões com outros fenômenos. São explorados e analisados autores que contribuíram com material e conhecimento da área em questão.

O trabalho está dividido em duas partes. No primeiro capítulo, é tratado do histórico das nuvens de cinzas vulcânicas, quando começaram as preocupações a respeito da sua relação com a atividade aérea. O que é e do que é composta a cinza, o processo de formação da nuvem de cinzas, seus efeitos na estrutura da aeronave. Percorre-se através dos órgãos internacionais que existem com objetivo de lidar com esse fenômeno natural. É feita menção sobre incidentes aéreos envolvendo tal fenômeno. No segundo capítulo, serão abordadas atuais tecnologias e técnicas que existem para tentar mitigar os efeitos nocivos à atividade aérea, tanto na segurança quanto relativos a danos econômicos. Será feita uma análise em relação a possíveis problemas que possam haver na comunicação desses eventos para tripulações em voo.

## 2 NUVENS DE CINZAS VULCÂNICAS E A ATIVIDADE AÉREA

Como explica Lechner *et al.* (2017), desde o início da era dos jatos na década de 1960, tem havido significativo e contínuo crescimento em viagens aéreas e um crescente uso de aeronaves altamente tecnológicas no limitado espaço aéreo civil. No mesmo período, aumentou a probabilidade de encontro de aeronaves com nuvens vulcânicas nos locais do planeta com maior concentração de vulcões ativos. O número cada vez maior de aeronaves voando tem levado a uma crescente preocupação devido à maior possibilidade desses encontros.

No contexto da aviação, segurança é o estado em que a possibilidade de danos a pessoas e propriedades é reduzida a, e mantida em ou abaixo de um nível aceitável através de um processo contínuo de identificação de perigo e gerenciamento de risco à segurança (OACI – Organização da Aviação Civil Internacional, 2013).

### 2.1 O PERIGO DAS NUVENS DE CINZAS PARA A AVIAÇÃO

Lima (2013) afirma que ainda que o número exato de vulcões existentes não seja exatamente definido, há estimativa de que o planeta Terra tenha algo mais que 1600 vulcões dispostos tanto na superfície terrestre quanto na marítima, mas somente vulcões que produzem erupção explosiva representam ameaça para aeronaves em voo. Apesar de não ser um evento recorrente na natureza, nuvens de cinzas vulcânicas já causaram sérios incidentes envolvendo voos comerciais, além de prejuízos econômicos de modo geral e também à aviação.

Segundo Casadevall (1994), um dos maiores problemas desse tipo de nuvem é que elas podem ser confundidas com nuvens normais, durante o dia, ou a tripulação em um voo à noite não notar sua presença, o que pode levar a uma catástrofe aérea. Cinzas vulcânicas criadas pela erupção de um vulcão ativo ascendem a grandes altitudes e são carregadas para longe

pelo vento e ainda podem permanecer na atmosfera por um período considerável. Suas partículas são muito pequenas para refletir ondas de radares meteorológicos em aeronaves comerciais, e para Casadevall (1994), mesmo voando à luz do dia, a tripulação pode interpretar uma nuvem de cinzas como uma nuvem comum de água e gelo e não a considerar como um perigo, devido sua coloração.

De acordo com Grindle e Burcham (2003), partículas muito pequenas de cinza, com tamanho de um a dez micrômetros (1 micrômetro = 1/1000000 metro) podem ser encontradas a mais de 1800 km de distância de um vulcão. As partículas maiores e mais pesadas caem mais próximas ao vulcão que lhes deu origem, não sendo capazes de ascender a grandes altitudes. Ainda de acordo com o autor, mais de 100 aeronaves comerciais encontraram inesperadamente cinza vulcânica em voo e em aeroportos.

Essas grandes nuvens representam risco real para a aviação de grande porte, especialmente quando a tripulação não está alarmada de sua presença. Entidades relacionadas à indústria aeronáutica têm empregado esforços no sentido de buscar contramedidas e sistemas que identifiquem com precisão a presença de cinzas vulcânicas no ar. Para Christmann *et al.* (2015), ainda que muito tenha sido feito, a concentração máxima aceitável de cinza vulcânica na atmosfera e níveis de dosagem para as aeronaves ainda não foram precisamente definidos pela comunidade aeronáutica.

Para Lechner *et al.* (2017), ainda há desafios em informar aeronaves em voo sobre a exata localização de nuvens de cinza potencialmente perigosas em seu caminho, principalmente pouco depois de a erupção ocorrer. São dificuldades como previsão confiável e detecção do início da erupção em uma base global, observar sua dispersão em tempo real, capturar sua estrutura complexa e expedir avisos em tempo para o *cockpit* (cabine onde fica a tripulação de voo), planejadores de voo e sistemas de gerenciamento de voo.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E PROCESSO DE FORMAÇÃO DAS NUVENS

O vulcão é uma estrutura geológica de milhões de anos, e desde o surgimento do planeta Terra a crosta terrestre é marcada pela existência de vários deles. O ramo da ciência que estuda os vulcões é a Vulcanologia, que possui relação com a Geologia e Geofísica (LIMA, 2013). Tendem a se formar nas margens das placas tectônicas, e podem ocorrer em continentes ou áreas oceânicas, sendo que esses últimos normalmente não geram nuvens de cinza capazes de trazer transtornos à aviação.

Segundo Casadevall (1994), há basicamente três processos diferentes de erupção que produzem cinza vulcânica: 1) descompressão de magma ascendente, crescimento de bolhas de gás e fragmentação de magma espumoso na abertura do vulcão; 2) mistura explosiva de magma com terra ou água da superfície (hidrovulcânico) e 3) fragmentação de rochas do solo durante rápida expansão de vapor e água quente freática. Variações no estilo de erupção e características das cinzas produzidas dependem de vários fatores, como temperatura do magma, conteúdo do gás, viscosidade e conteúdo de cristais no magma antes da erupção, e ainda propriedades físicas da rocha que cerca a abertura vulcânica.

A ascensão de magma em direção à superfície da Terra antes de uma erupção normalmente gera sinais que podem ser detectados se houver algum monitoramento apropriado no lugar, auxiliando a prever a erupção. Estes sinais podem ser detectados por monitoramento de terremotos usando sismômetros, medição da deformação do solo e observação de mudança na atividade hidrológica, emissão de gases e explosões de vapor (LECHNER *et al.*, 2017). A comunidade internacional da aviação, por meio da OACI, estabeleceu um código de quatro níveis de cor para referência do estado geral de um vulcão, que pode servir de informação para os gerentes operacionais nas empresas aéreas. Este código, porém, não representa a situação das cinzas no ar ou atmosfera, apenas o estado de atividade vulcânica de um vulcão, como mostra a figura 1.

Código de cores	Estado de atividade vulcânica
<b>VERDE</b>	Vulcão está normal, em estado não eruptivo, ou após uma mudança de um nível maior de alerta, a atividade vulcânica cessou, e o vulcão voltou ao seu estado normal, não eruptivo.
<b>AMARELO</b>	Vulcão dá sinais de elevada inquietação acima de níveis conhecidos, ou depois de uma mudança de nível maior de alerta, atividade vulcânica diminuiu significativamente mas continua a ser monitorada de perto.
<b>LARANJA</b>	Vulcão exibe inquietação com probabilidade aumentada de erupção, ou erupção está em andamento com pouca ou nenhuma emissão de cinzas.
<b>VERMELHO</b>	Erupção é sabida ser iminente com emissão significativa de cinza na atmosfera sendo provável, ou erupção já está em andamento com significativa emissão de cinzas na atmosfera.

**Figura 1** - Código de cores criado pela OACI para definir o estado da atividade vulcânica de um vulcão conhecido (LECHNER e tal, 2017).

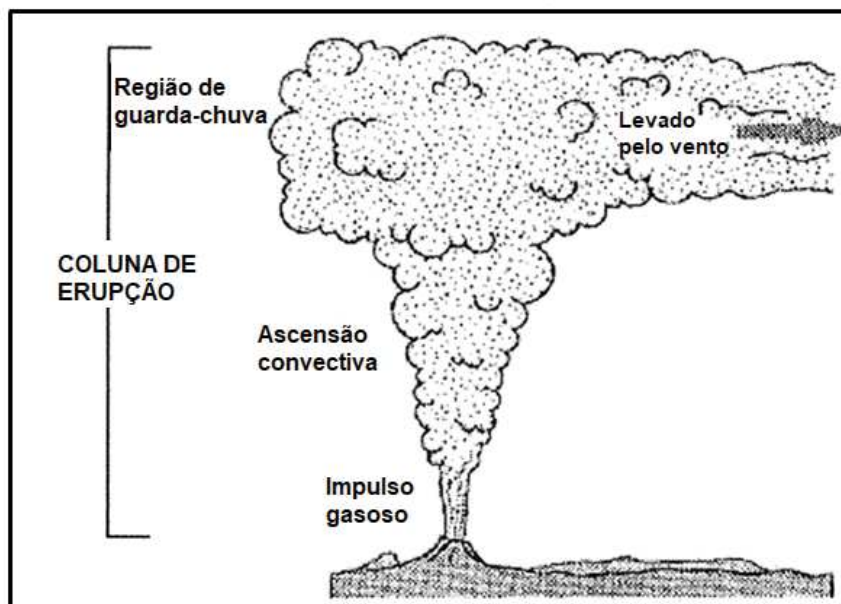
Grandes nuvens de cinzas têm origem em erupções magmáticas explosivas. A explosividade da erupção é relacionada em maior parte a pressões excessivas dentro do magma causadas por gases saindo de solução conforme o magma se aproxima da

superfície terrestre e encontra pressões cada vez menores, até chegar à pressão atmosférica. Depois que o magma alcança a superfície terrestre e uma erupção começa, a espuma altamente viscosa é quebrada por descompressão, (CASADEVALL, 1994). Essa teoria tem sido aceita pela comunidade global de especialistas.

Cinzas vulcânicas são muito diversas em sua origem e composição, mas normalmente são formadas por fragmentos minerais e de rocha e cacos de vidro, que se originam do magma resfriado. Em muitas erupções, há também gotas de ácido revestindo os grãos de cinza. O tamanho e formato dos pedaços dependem do tamanho e formato das bolhas de gás presentes dentro do magma imediatamente antes de uma erupção. O tamanho dos fragmentos vai desde metros, no caso de grandes blocos expelidos próximo à abertura vulcânica, podendo chegar a nanômetros ( $1 \text{ nanômetro} = 1.10^{-9} \text{ metro}$ ), na fina cinza dentro das nuvens dispersas. As propriedades físicas das cinzas vulcânicas dependem majoritariamente de suas proporções relativas de vidro e fragmentos minerais e de rocha, bem como da composição química desses componentes e do tamanho de seus grãos. Casadevall (1994) afirma que a dureza de seus componentes é de cerca de 5.5 na escala de Mohs (onde o talco tem dureza um e o diamante tem dureza 10), podendo variar de dois a sete nessa escala.

A massa de espuma de magma quase sólida é quebrada em partículas que são aceleradas para fora da abertura, por conta do grande diferencial de pressão na interação com a atmosfera. Explosões de grande magnitude podem produzir colunas que chegam a alturas de até 50 km, ejetando grandes quantidades de partículas de cinza, podendo os fragmentos menores ser carregadas para muito longe da erupção. Segundo Grindle e Burcham (2003), essa grande dispersão é causada por fenômenos atmosféricos. Lima (2013) salienta que as cinzas podem percorrer milhares de quilômetros em várias direções a grandes velocidades devido aos ventos rápidos na alta atmosfera, podendo atingir regiões muito distantes da erupção, transmitindo uma falsa sensação de segurança para aqueles que dela estão longe.

Uma coluna de erupção consiste de uma região inferior, de impulso gasoso, constituída pelo jato de material expelido da abertura, que representa normalmente menos de dez por cento da altura total; acima, uma região convectiva que constitui a maior parte da coluna e por fim uma região superior parecida com um guarda-chuva, movida por ascensão de inércia e de grande espalhamento lateral, onde a cinza começa a ser carregada pelo vento. Essa configuração se aplica a todas as colunas de cinza, desde aquelas que são sistemas estáveis mantidas por fluxo de material constante àquelas que são produzidos por uma explosão instantânea e ascendem como um corpo isolado (CASADEVALL, 1994). A figura 2 ilustra as partes que constituem uma coluna de nuvem, de baixo para cima: região de impulso gasoso, de ascensão convectiva e zona de guarda-chuva.



**Figura 2** - Constituição da coluna de nuvem (CASADEVALL, 1994).

Dentro da nuvem de cinzas há cacos de vidro leves, separados dos grãos de rocha mais pesados por gravidade. Cacos são pedaços de paredes das bolhas da espuma quebrada no magma que sai da abertura vulcânica. Quando se tornam grandes sistemas, as grandes nuvens de cinza normalmente ganham um caráter mais estável. As colunas variam em altura desde as baixas, originadas de explosões em baixa escala, até grandes sistemas convectivos que rapidamente transportam cinza e gases vulcânicos para a estratosfera. A parte que desliza com o vento em altitude é chamada de Pluma, de acordo com Casadevall (1994). Algumas colunas se originam de lançamentos instantâneos de cinza e gás, e seu crescimento é fenômeno isolado que não alcança grandes altitudes, enquanto outras são sistemas convectivos mais estáveis, alimentados por um fluxo quase constante de material da abertura vulcânica.

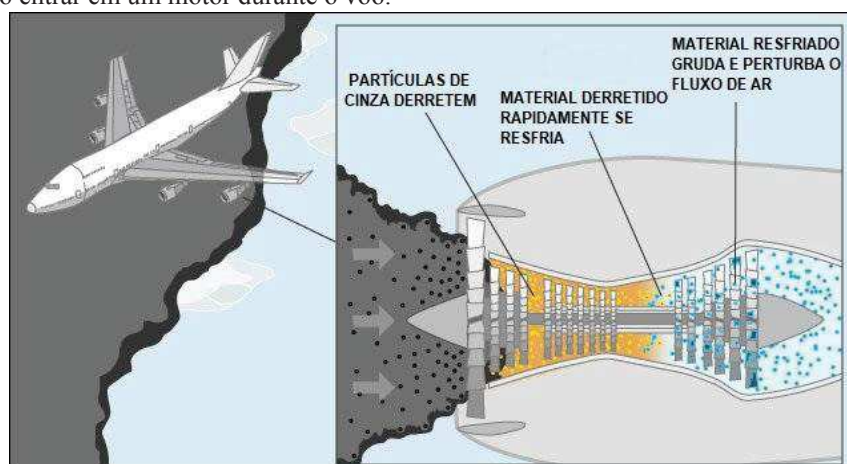
Os vulcões que representam perigo para a operação aérea são denominados como vulcões explosivos, como explica Lima (2013). Ainda que quase todos os tipos de erupções explosivas sejam capazes de gerar nuvens de partículas e plumas perigosas à aviação, as colunas de erupções vulcânicas são provavelmente as mais perigosas devido a sua frequência, imprevisibilidade, alto conteúdo de cinza e capacidade de alcançar facilmente altitudes bem acima de rotas comuns de voo. O entendimento

desses fenômenos por parte dos pesquisadores vem tanto de observações quanto de medições em vulcões em erupção e também de modelagem fluidodinâmica do comportamento da flutuação desses sistemas (BONADONNA *et al.*, 2012).

### 2.3 EFEITOS NOCIVOS NO MOTOR A JATO E FUSELAGEM DA AERONAVE

Quando uma aeronave em voo entra em uma nuvem de cinzas é muito grande a chance de todos os motores do avião serem atingidos, devido ao imenso volume dessa nuvem. Um motor danificado por tais cinzas pode sofrer danos irreparáveis e tornar-se inutilizável devido ao violento efeito corrosivo que sofre. As partículas que formam essas nuvens são duras e abrasivas, podendo causar desgaste significativo em hélices e lâminas de compressores, além de arranhar a janela do cockpit, a cabine onde fica a tripulação, diminuindo a visibilidade, como explica Casadevall (1994).

As partículas de cinza possuem baixo ponto de derretimento, derretem na câmara de combustão devido a sua alta temperatura, e a massa cerâmica criada gruda nas lâminas do rotor, bocal de combustível e combustores, o que pode causar a parada total do motor em voo. Podem ainda causar chamas nos motores, pois quando aquecidas se incendiam dentro do motor. Além disso, como realça Lima (2013), os gases vulcânicos quando combinados com moléculas de água se tornam ácidos, podendo corroer e comprometer a vida útil de componentes da aeronave mais sensíveis. A figura 3 mostra o caminho que as cinzas percorrem ao entrar em um motor durante o voo.



**Figura 3** - Caminho percorrido pelas partículas de cinza quando ingeridas por um motor durante o voo (MINIER, 2017).

Grindle e Burcham (2003) afirmam que algumas aeronaves foram quase perdidas e várias foram danificadas devido ao encontro com tais nuvens. Danos incluíram casos em que todos os motores apagaram e a aeronave planou a altitudes menores até que os motores fossem reativados para prosseguir ao pouso. A extensão do dano depende da concentração de partículas e aerossóis dentro da nuvem, o tempo que a aeronave com ela permanece em contato e as ações tomadas pela tripulação para sair dela. Ainda segundo os autores, partículas ingeridas pelo motor passam pelos dutos de ventilação e circulam através da aeronave, podendo entupir sistemas de filtragem de ar e se espalhar no interior da cabine, sendo capazes ainda de danificar o sistema elétrico da aeronave, instrumentos de navegação e até desativar o sensor de detecção de fogo na área de cargas.

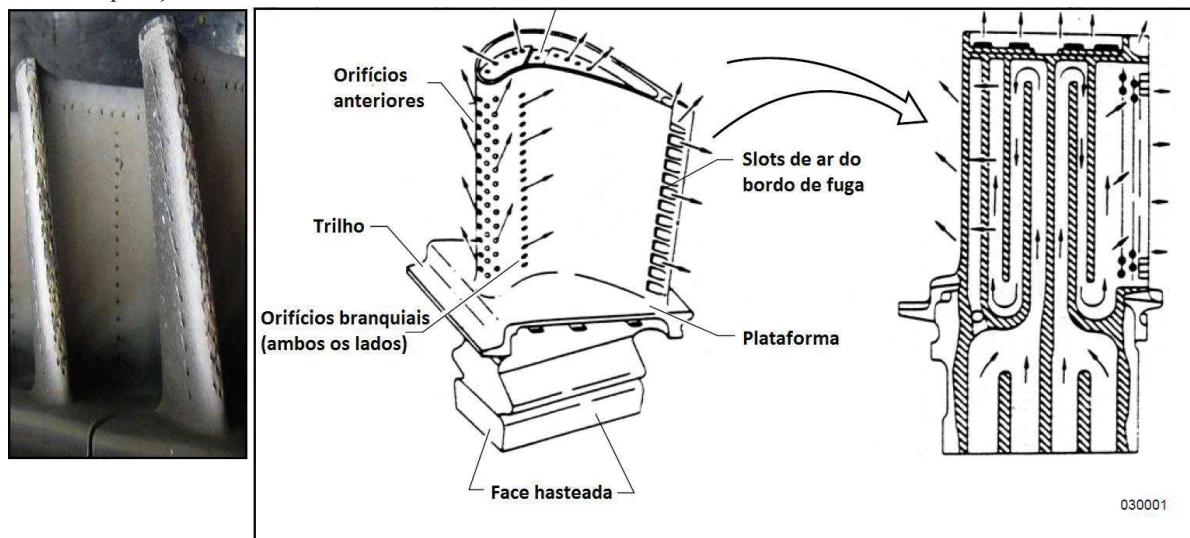
Como ressaltam Bonadonna *et al.* (2012), mesmo pequenas concentrações de cinza na atmosfera podem trazer distúrbios à aviação porque motores a turbina são particularmente afetados pela ingestão de partículas no ar por conta da corrosão. Os materiais de que são feitas as aeronaves, metal, vidro, e plástico, são facilmente arranhados e erodidos pelos pequenos e duros fragmentos de rocha da nuvem, fazendo com que as superfícies de uma aeronave voltadas para frente possam ser danificadas, tais como janelas de cockpit, luzes de pouso, bordo de ataque de asas e cauda, cobertura do motor e nariz da aeronave. Janelas podem ficar tão arranhadas a ponto de os pilotos perderem considerável parte da visibilidade (GRINDLE e BURCHAM, 2003). A figura 4 mostra parte da janela direita de uma aeronave erodida por partículas de cinza.



**Figura 4** - Janela de cockpit erodida durante o voo por partículas de cinza (SERVRANCKX, 2016).

Em fevereiro de 2000, uma aeronave DC-8 de pesquisa, pertencente à agência americana NASA, inadvertidamente voou através de uma nuvem de cinzas difusa do vulcão Mt. Hekla na Islândia, quando voava da Base aérea de Edwards, na Califórnia, para Kiruna, na Suécia (GRINDLE e BURCHAM, 2003). O encontro ocorreu em total escuridão, sem lua, no início da manhã, aproximadamente 35 horas após o início da formação da nuvem. Por não haver nenhuma alteração na indicação dos instrumentos, a tripulação não percebeu sua presença.

Após inspeção e desmontagem dos motores da aeronave nas instalações da *General Electric*, fabricante dos motores, descobriu-se que havia erosão no bordo de ataque das lâminas da turbina, dutos de ar para resfriamento entupidos e uma camada fina de cinza dentro das passagens de ar, além de uma cobertura com bolhas de cinza em volta das lâminas. O custo estimado para reformar os quatro motores da aeronave para condições de voo foi de 3,2 milhões de dólares, segundo Grindle e Burcham (2003). Ainda que esse encontro tenha ocorrido com uma nuvem difusa e não muito densa, o tempo de exposição foi suficiente para gerar os danos supracitados. A figura 5 mostra o desgaste das pás de um motor causado por partículas de cinza, e também os dutos internos de arrefecimento das lâminas, que podem ser entupidos por cinza, levando a um aquecimento anormal durante a operação.



**Figura 5** - Dutos de arrefecimento das lâminas de um motor a jato (GRINDLE e BURCHAM, 2003).

### 2.3.1 Números de ocorrências em voo entre aeronaves e nuvens de cinza e suas severidades

Lima (2013) afirma que as aeronaves comerciais equipadas com motores a reação foram projetadas para operar em ambientes livres de poeira e gases corrosivos, sendo que a ingestão de partículas vulcânicas resultará na deterioração de sua performance ou até mesmo sua inutilização. Guffanti *et al.* (2010) salientam que de 1953 a 2009 há registros de 129 incidentes reportados envolvendo encontro de aeronave em voo com cinza vulcânica. O número de ocorrências inicialmente parece não ser tão grande porque os encontros não são reportados todas as vezes, e, além disso, os números cobrem apenas eventos nos quais a aeronave foi inspecionada a procura de danos logo após o ocorrido, no solo. Casos de exposição repetida a partículas durante longo prazo, que poderia reduzir a vida útil de partes da aeronave ou o tempo entre manutenções, não foram capturados pelos dados.

Os efeitos observados pela tripulação de voo e a extensão dos danos à aeronave variam muito entre as ocorrências. De um total de 129 reportadas, 94 foram encontros confirmados com cinzas; destes, em 79 houve algum grau de dano ao motor e estrutura. Dos 79 citados, 26 incidentes envolveram de significativa a severo dano para motor ou estrutura, dos quais nove envolveram algum motor desativado durante o voo, sendo três casos em que houve perda de todos os motores. A maior parte dos incidentes ocorreu dentro de 24 horas após o início da produção de cinzas. Segundo Christmann *et al.* (2015), durante as erupções de 2010 que afetaram a Europa, 186 reportes de indícios de cinza em voo foram recebidos pelas agências de aviação, ainda que não seja possível que cada um deles seja confirmado como realmente uma ocorrência.

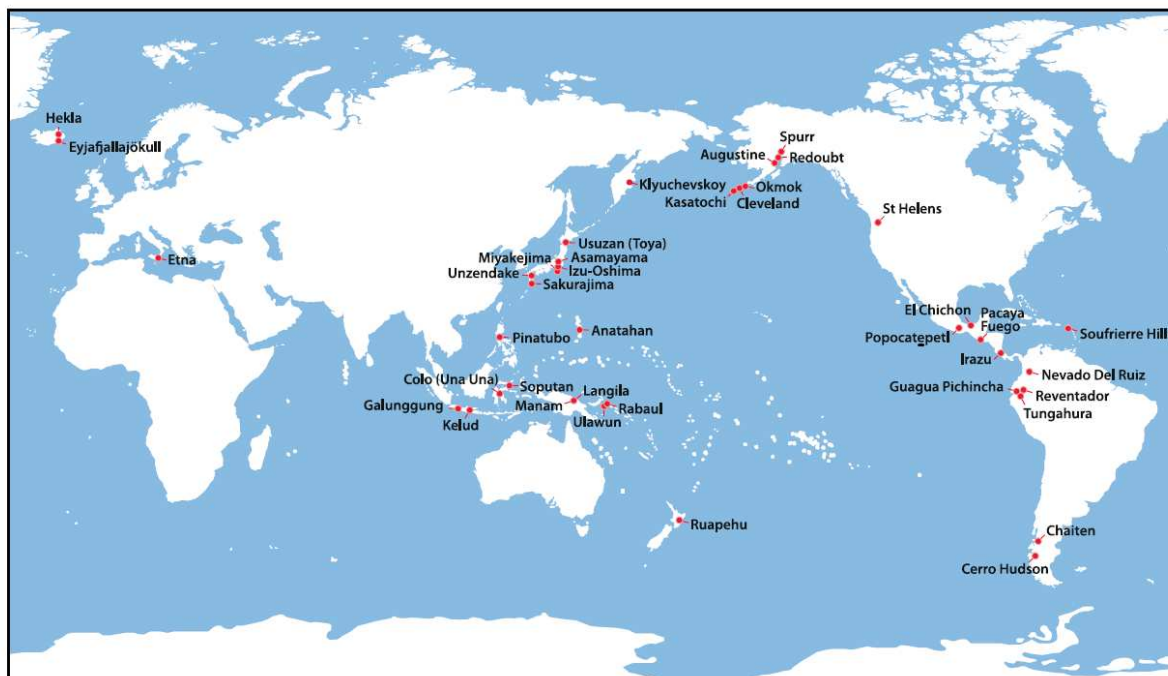
De acordo com Guffanti *et al.* (2010), 38 vulcões diferentes, localizados em 16 países, provocaram estragos em aeronaves em voo, sendo que oito deles causaram cinco ou mais ocorrências. Algumas aeronaves não tiveram dano aparente, e o único indício de cinza foi o reporte pela tripulação de odor de enxofre ou descarga eletrostática na janela do cockpit. A distância entre o encontro com uma nuvem de cinza e o vulcão que a deu origem variou de 100 até 930 km, e alguns dos casos ocorreram durante a luz do dia. A maior parte ocorreu a altitudes acima de 25 mil pés. É notável que o tempo de duração da exposição da aeronave às cinzas não foi longo, indo de dois a 13 minutos.

Ainda segundo Guffanti *et al.* (2010), em dois casos dos considerados acima, a subida para sair da nuvem em potência máxima foi identificada como fator chave para o apagamento dos motores, pois quando a potência foi aumentada, mais ar carregado de cinzas foi ingerido pelos motores. Em 2000, um Boeing 737 e um 747 próximos ao aeroporto de Narita no Japão voaram através de uma nuvem do vulcão Miyake-jima, a somente 200 km do aeroporto. Os motores continuaram funcionando, mas os sistemas de voo e controle eletrônico do motor sofreram mau funcionamento e houve severa perda de visibilidade devido abrasão de quase toda a janela no cockpit.

Os casos mais emblemáticos de incidente envolvendo cinzas ocorreram quando os motores da aeronave apagaram em voo ou foram desligados pela tripulação por indicação de fogo. Após a aeronave descer considerável altitude e sair de dentro da nuvem, os motores foram religados em voo, levando a um pouso seguro. Há, porém, um caso notável de 2006, como indicam Guffanti *et al.* (2010), onde uma aeronave executiva modelo Gulfstream II voava sobre a Papua Nova Guiné a 39 mil pés (11.9 km) de altitude. Na descida para 24 mil pés, ambos os motores falharam e foram depois religados; a aeronave pousou em segurança. Após investigação nos motores, concluiu-se que um filtro em cada regulador de fluxo de combustível provavelmente ficou bloqueado por cinza que contaminou o combustível, que naquela altitude causou perda de fluxo, levando ao apagamento. Isso mostra como os efeitos podem se dar de forma diferente de degradação estrutural da aeronave, prejudicando um sistema vital para seu funcionamento, nesse caso o de combustível.

## 2.4 ÓRGÃOS INTERNACIONAIS DA AVIAÇÃO QUE LIDAM COM AS NUVENS DE CINZAS

Lechner *et al.* (2017) salientam que nem todos os vulcões existentes no mundo são monitorados e nem todos os países com vulcões possuem observatórios ou equivalente. Ainda assim há um esforço global para minimizar o risco de encontro de aeronaves com nuvens de cinzas. A estrutura sob a qual esse problema é gerenciado é o Observatório Internacional de Vulcões para aviação (IAVW, do inglês *International Airways Volcano Watch*), criado em 1987 pela OACI (Organização da Aviação Civil Internacional), que é o órgão máximo da aviação civil, e por ela administrado. A figura 6 mostra a localização, no globo, dos vulcões que deram origem a nuvens de cinza responsáveis por danos em aeronaves que com elas entraram em contato.

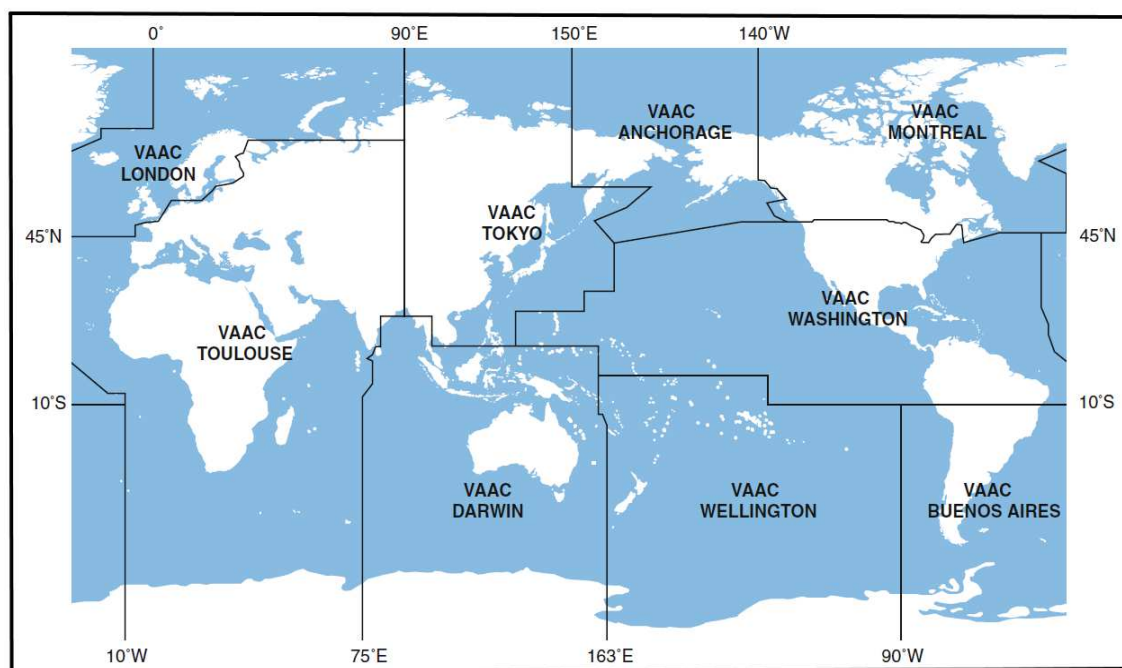


**Figura 6:** Mapa de vulcões responsáveis por encontros danosos de aeronaves com nuvens de cinza (LECHNER *et al.*, 2017).

Para contribuir com os esforços de observação, um sistema de escritórios de observação meteorológica, centros de controle de área e gerenciamento de tráfego e nove centros especializados em avisos de cinza vulcânica (VAAC, do inglês *Volcanic Ash Advisory Centre*), são responsáveis por observar, analisar, prever e comunicar o perigo à aviação, utilizando-se de técnicas e mensagens comuns em formato definido (LECHNER *et al.*, 2017). O sistema IAVW é composto pelos Estados



membros da OACI, e contém os nove centros VAAC que são os seguintes: Anchorage, Buenos Aires, Darwin, Londres, Montreal, Tóquio, Toulouse, Washington e Wellington. Suas respectivas áreas de responsabilidade são mostradas na figura 7.



**Figura 7:** Áreas de responsabilidade dos nove VAAC (LECHNER *et al.*, 2017).

Para Guffanti *et al.* (2010), a estratégia de mitigação de risco para minimizar encontros danosos está na combinação de monitoramento em tempo real de vulcões e um ágil reporte de uma erupção, detecção e rastreamento de nuvens de cinza na atmosfera usando sensores baseados em satélite, modelagem de dispersão baseada em *software* para prever o movimento esperado de nuvens, e uma disseminação global de mensagens especializadas de alerta. Tais objetivos somente podem ser alcançados de forma efetiva em uma base global e conjunta de entidades da aviação e de áreas geológicas e de modelagem computacional.

## 2.5 RADAR METEOROLÓGICO E AS NUVENS DE CINZAS

Os órgãos reguladores da aviação exigem que as grandes aeronaves de passageiros carreguem a bordo algum equipamento de detecção de perigos ao voo. Pode ser um detector de relâmpagos ou um radar meteorológico, de acordo com Brown e Holt (2001). Radares meteorológicos no solo ou a bordo de aeronaves são usados na aviação civil primariamente para detecção e desvio de tempo associado a trovoadas, bem como para suplementar a tripulação com informações de suporte à navegação e evitar colisão com o solo. Ainda segundo os autores, o radar de bordo é uma ferramenta que aumentou muito a capacidade das aeronaves de evitar tempestades e trovoadas.

*Radar* é um acrônimo para rádio detecção e mapeamento, do inglês *radio detection and ranging*. Como explicam Brown e Holt (2001), um transmissor e um receptor são usados em conjunto para medir distância e direção de alvos através do uso de ecos de ondas de rádio. Um pulso de energia de rádio de alta frequência é transmitido da antena e viaja à velocidade da luz até que atinja algo, tal como gotas de chuva, que refletem um pouco da energia de volta para a antena. O receptor radar detecta e mede a intensidade do retorno, que é então exibida como uma área brilhante ou colorida na tela de radar da aeronave. A intensidade do retorno no radar dá indicação da severidade do tempo: se muita energia é refletida de volta, precipitação forte é indicada naquele local, indicando uma possível trovoadas.

O radar calcula distância, ou amplitude, pela medição do tempo de ida e volta do sinal ao alvo. Desde que a velocidade do sinal de rádio seja sabida, é relativamente simples para a unidade determinar quão longe o alvo está à frente da aeronave, bem como sua direção. As antenas transmitem um raio de energia em formato de cone, parecido com o feixe de luz de uma lanterna, com seu diâmetro aumentando com a distância. Para cobrir uma área maior com o feixe do radar, um motor elétrico move a antena para os lados no plano horizontal (BROWN e HOLT, 2001). Há alguns radares que também oferecem a possibilidade de varredura da antena no plano vertical, movendo-a para cima e para baixo. Quanto maior o tamanho da antena, maiores a potência e o alcance do radar.

Gotas de água em uma tempestade possuem tamanho relativamente grande e refletem bem as ondas de rádio lançadas pelo radar meteorológico, o que faz com que sejam exibidas de forma satisfatória para a tripulação, como mostra a figura 8. Com base nessas informações, a tripulação consegue evitar formações meteorológicas significativas, tomar decisões relacionadas à rota de voo e possíveis desvios necessários. A tecnologia empregada nesses radares de bordo, no entanto, não é

suficiente para que sejam capazes de identificar nuvens de cinza vulcânica porque suas partículas são muito pequenas para refletir as ondas de rádio, como indica Lima (2013).



**Figura 8:** Formações meteorológicas exibidas pelo radar de bordo de uma aeronave comercial (MANNO, 2013).

As nuvens de cinzas podem causar sérios danos à estrutura da aeronave e distúrbios à sua operação, no caso de uma tripulação voar inadvertidamente através delas. Há esforços multilaterais de vários países para amenizar os danos à atividade aérea, mas ainda há muito o que avançar em termos de prever, detectar e acompanhar uma erupção e a nuvem de cinzas por ela criada, com vistas a alertar em tempo real e com exatidão uma tripulação em voo (BONADONNA *et al.*, 2012). Essa informação ajuda a evitar um acidente aeronáutico e transtornos à fluidez do tráfego aéreo mundial. No próximo capítulo serão tratadas as tecnologias desenvolvidas para tentar auxiliar na detecção de nuvens de cinzas.

### 3 IMPACTOS ECONÔMICOS À ATIVIDADE AÉREA E TECNOLOGIAS PARA MITIGAR OS EFEITOS À AVIAÇÃO

Além de oferecer riscos à integridade estrutural de uma aeronave em voo, as nuvens de cinza vulcânica também representam um potencial considerável para causar grandes danos econômicos à aviação (CHRISTMANN *et al.*, 2015). As organizações que lidam com a aviação têm empregado esforços para desenvolver tecnologias no sentido de lidar com esse fenômeno e buscar respostas sobre possíveis gargalos na comunicação de sua ocorrência às tripulações durante o voo.

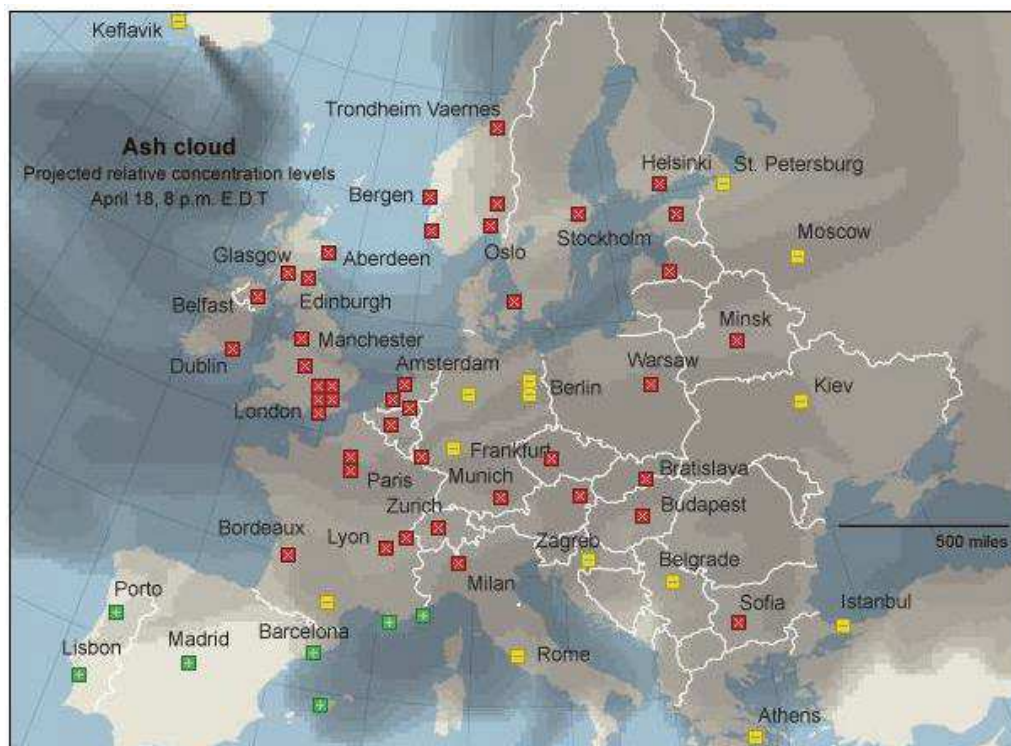
#### 3.1 DANOS ECONÔMICOS À ATIVIDADE AÉREA

Mazzocchi *et al.* (2010) afirmam que as erupções de Abril de 2010 na Islândia, que trouxeram sérios distúrbios para o tráfego aéreo europeu, levaram as autoridades da aviação dos países afetados a declarar a maior parte dos céus europeus como zonas de voo proibido por cerca de uma semana. Baseados em informações disponíveis, os autores afirmam que o impacto na indústria de viagens aéreas foi maior inclusive do que aquele causado pela suspensão do tráfego aéreo dos Estados Unidos após os ataques terroristas de 11 de setembro de 2001. Guffanti *et al.* (2010) destacam que os vastos efeitos dessas mesmas erupções sobre a Europa e a região do Atlântico Norte posteriormente amplificaram os interesses em entender o risco potencial de encontros de aeronaves em voo com cinza vulcânica.

O interesse da mídia de massa por esse tipo de evento, aliado à percepção de risco aumentado por parte dos viajantes, pode alterar o comportamento econômico. Assim, mesmo após os distúrbios cessarem, enquanto as operações aéreas voltam ao normal, pode ser que potenciais passageiros aéreos decidam cancelar sua viagem ou alterar o modo de transporte para o país de destino, como apontado por Mazzocchi *et al.* (2010). Esse é um impacto econômico difícil de mensurar na indústria aérea. Outros ramos da indústria poderiam se beneficiar da erupção vulcânica, no curto prazo, como o de trens e aluguel de carros. Por outro lado, como indicam os autores, outros ramos de indústrias além dos próprios operadores aéreos também foram negativamente afetados pelos distúrbios, como serviços de correio, de carga aérea ou indústrias que dependem do transporte aéreo para traslado de produtos perecíveis.

Em termos operacionais, nos dias 17 e 18 de abril de 2010, dezessete países membros da União Europeia tiveram fechamento total de seus espaços aéreos, dois Estados Membros tiveram fechamento parcial e seis Estados não europeus

também tiveram fechamento total do espaço aéreo. Quando se fala em impactos econômicos, a perda de receita para operadores aéreos em todo o mundo com relação a serviços programados foi estimada em 2.6 bilhões de dólares americanos e outros 1.6 bilhões de dólares deixaram de ser gastos por visitantes e turistas no mundo (OXFORD, 2010). Houve ainda cem mil voos comerciais cancelados nesse período. A figura 9 mostra a extensão dessa nuvem de cinzas sobre a Europa em abril de 2010, os aeroportos em vermelho tiveram todos os seus voos cancelados; em amarelo, aeroportos que tiveram parte de seus voos cancelada.



**Figura 9:** Amplitude da nuvem de cinzas do vulcão Eyjafjallajökull na Islândia que atingiu a Europa em 2010 (BRANDT, 2010).

Quando considerada toda a extensão dos danos econômicos, incluindo aí setores fora da aviação, as estimativas gerais para as perdas geradas pelas erupções de 2010 da Islândia chegam a cerca de 4.7 bilhões de dólares em um mês, segundo estudo da Oxford (2010). O ápice dos distúrbios foi de 313 aeroportos fechados simultaneamente na Europa, representando cerca de 75% da rede aeroportuária europeia. Esses dados citados se referem apenas às erupções da Islândia de 2010, pois além disso, Lechner *et al.* (2017) reforçam que há centenas de milhões de dólares contabilizados em danos a aeronaves em voo devido a encontros com cinza.

### 3.2 TÉCNICAS E TECNOLOGIAS PARA MITIGAR OS EFEITOS DAS NUVENS DE CINZAS NA AVIAÇÃO

Fica a cargo de cada Estado o direito de restringir ou proibir temporariamente o voo sobre parte ou todo seu respectivo território (ICAO, 2016). A resposta a um evento vulcânico que impacta o tráfego aéreo está dividida em quatro fases, de acordo com a OACI: Pré-erupção, quando se espera que haja uma erupção vulcânica, podendo ser omitida esta fase no caso de uma erupção inesperada. Início da fase de Erupção, quando há informação de que o fenômeno teve início. Fase de erupção em andamento, começa com a disseminação do primeiro aviso sobre cinza vulcânica contendo informação da extensão e previsão do movimento da nuvem. Por último, fase de recuperação, que se inicia com o primeiro aviso “sem cinza vulcânica esperada”, é a fase em que a atividade vulcânica retornou ao seu estado de não erupção, e não há mais ou não se espera partículas na atmosfera.

Há um índice de severidade para incidentes envolvendo partículas vulcânicas e aeronaves em voo que dá um panorama sobre possíveis efeitos na estrutura, mas segundo Christmann *et al.* (2015), há mais efeitos conhecidos do que aqueles listados, e alguns especialistas defendem a revisão deste índice. Os autores ainda afirmam que obter informação detalhada de ocorrências passadas pode contribuir para evoluir o gerenciamento de tráfego aéreo como um todo, portanto membros da tripulação e outras pessoas na aviação são encorajados a reportar esse tipo de evento. Para que relatos de encontros com nuvens de cinzas ou gás sejam consistentemente armazenados, é preciso estabelecer um sistema de reporte bem conhecido, onde as pessoas saibam onde reportar e quais informações são relevantes. Essa tarefa deve ser feita preferencialmente por uma organização independente e bem conhecida.

Uma tripulação de voo pode detectar cinza na atmosfera de várias formas: visualmente, por reporte de aeronave à frente, cinza ou poeira na cabine, odores ácidos, aumento na temperatura dos gases de escape do motor ou sombra criada por luzes de

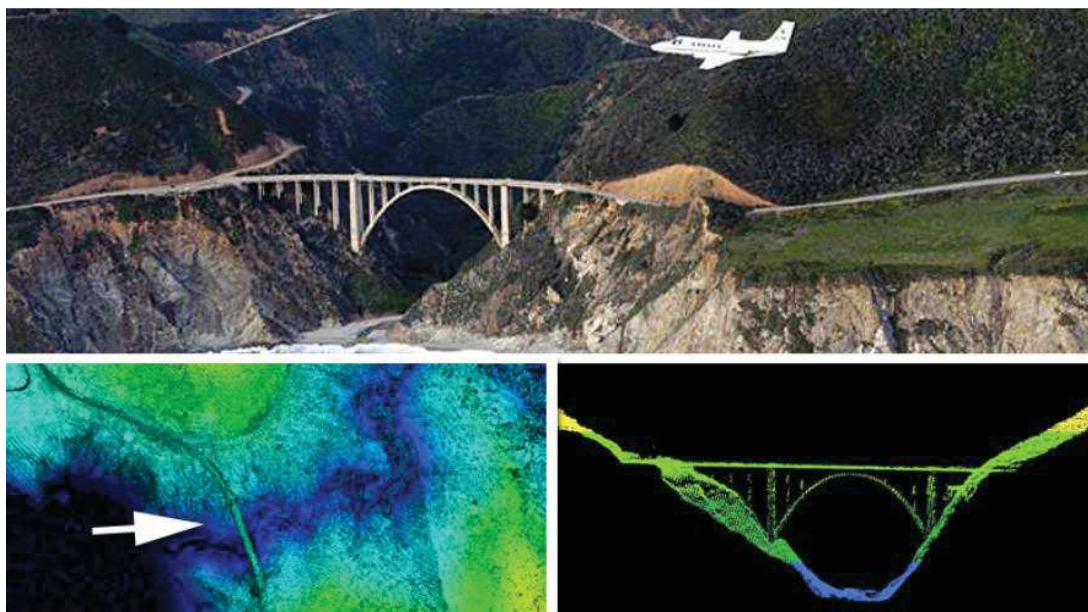
pouso diferentes das observadas em nuvens comuns. A OACI, em seu documento de 2016, destaca que a tripulação ao encontrar nuvem de partículas pode ter de lidar com alguns problemas dependendo da severidade, como A) poeira na cabine, obrigando-lhes a usar máscara de oxigênio, o que diminui a clareza nas comunicações por voz; B) mal funcionamento dos motores, que poderão inclusive apagar; C) efeitos abrasivos em janelas e luzes de pouso levando a perda de visibilidade durante aproximação e pouso; D) tubos de pitot ficarem entupidos, fazendo com que informações de velocidade se tornem não confiáveis. Essas complicações podem trazer grande carga de trabalho para a tripulação (ICAO, 2016).

As recomendações oficiais, para o caso de uma tripulação encontrar cinzas durante o voo, são reduzir a potência dos motores para *idle* (marcha lenta), porque menos partículas serão ingeridas e depositadas no motor e a temperatura na seção de combustão será menor. Para manter a velocidade necessária ao voo, a aeronave deverá descer. Essa descida deverá ser feita durante e após uma curva de 180 graus, ou seja, a tripulação fará uma descida em planeio voltando e saindo da nuvem, pelo mesmo caminho que nela entrou. Utilizar máscaras de oxigênio, se necessário, comunicar-se com a tripulação de cabine e os passageiros e, por fim, executar as várias ações necessárias para uma situação anormal e de emergência (ICAO, 2016).

### 3.2.1 Tecnologias testadas para detecção de partículas de cinza na atmosfera

Após os distúrbios das erupções de 2010 da Islândia, a companhia de linha aérea EasyJet começou a trabalhar em um sistema chamado AVOID (*Airborne Volcanic Object Identifier and Detector* – Detector e identificador de objeto vulcânico no ar). A tecnologia é instalada na própria aeronave e utiliza feixes de ondas infravermelho lançadas em direção à nuvem de cinzas, o que permite detectar plumas a até 62 milhas náuticas (aproximadamente 114 km) de distância à frente da aeronave. O sistema permite detectar partículas a alturas entre 5.000 e 50.000 pés (1,5 a 15 km de altura) e também dá um panorama sobre a concentração de cinzas no ar (ZOLFAGHARIFARD, 2013).

Uma outra tecnologia instalada a bordo da aeronave que poderia ajudar a diminuir os riscos para a aviação é o LIDAR (*Light Detection and Ranging* – medição e detecção por luz), que mede a distância para um alvo ao iluminá-lo com pulsos de laser ultravioleta, medindo o pulso refletido com um sensor. Diferenças no tempo de retorno do laser e comprimentos de onda são usados em cálculos para fazer uma representação 3D do alvo (NOAA, 2013). Essa tecnologia é bastante usada para coletar informações sobre o formato e características da superfície da Terra, bem como mapear o formato de objetos grandes, como mostra a figura 10.



**Figura 10:** Imagem em 3D de uma ponte a partir de aeronave, usando a tecnologia LIDAR (NOAA, 2013).

Apesar de se apresentarem como tecnologias interessantes na detecção de cinza vulcânica em voo, os sistemas AVOID e LIDAR não estão implementados a nível operacional nas companhias aéreas. O motivo é que nos dois sistemas existe possibilidade considerável de haver falsa detecção de partículas de cinza. Nos dois casos, há indicação incorreta de cinzas quando há presença de poeira mineral, nuvens de gelo, fumaça e sulfatos em suspensão na atmosfera. Também poderá haver indicação errônea de ausência de cinzas no ar se estas estiverem misturadas com nuvens de maior altitude na atmosfera, como nuvens cirrus (FROMM, 2015). A confiabilidade dessas tecnologias ainda não alcançou o nível necessário para sua implementação na aviação de grande porte.

### 3.2.2 Modelo de previsão numérica de dispersão das nuvens de cinzas

Lechner *et al.* (2017) afirmam que introduzir e melhorar continuamente sistemas altamente tecnológicos para mitigar riscos econômicos e à segurança vindos de eventos naturais traz grandes desafios. No caso do risco vulcânico à aviação, os desafios incluem detectar a nuvem de cinzas, prever sua dispersão e comunicar a informação de forma precisa e em tempo.

Um modelo numérico de previsão meteorológica e um modelo de transporte e dispersão de cinza vulcânica são indispensáveis para que se alcance uma realidade onde se evite as cinzas (BONADONNA *et al.*, 2012). Membros da comunidade científica internacional que lidam com modelagem de dispersão das cinzas teriam a responsabilidade de desenvolver soluções que melhorem essa capacidade em escala global, para observar e caracterizar esse fenômeno em tempo real. Esse tipo de sistema é baseado em *software* e cálculos computacionais, mas as características que alimentam tal sistema como altura da nuvem e a massa das cinzas lançadas na atmosfera são afetadas por vários níveis de incerteza. Além disso, o comportamento aleatório do sistema natural e os erros de medições de campo podem trazer grandes erros na previsão, por isso os tomadores de decisão na aviação terão de lidar com estratégias probabilísticas, por vezes incertas (LECHNER *et al.*, 2017).

Para Bonadonna *et al.* (2012), é provável que haja pouca ou nenhuma informação no início de uma erupção, e um modelo de dispersão precisa ser alimentado por entrada de dados. Porém, ao longo do tempo a disponibilidade de informações tende a aumentar. Os avisos mais importantes para a aviação relacionados a previsão e detecção de cinzas na atmosfera são o VAA (*Volcanic Ash Advisory – Aviso de cinza vulcânica*) e o SIGMET (*Significant Meteorological Information – Informação meteorológica significativa*), e para avisos de maior duração, o NOTAM (*Notes to Airman – notas para o pessoal da aviação*). Lechner *et al.* (2017) destacam que não há atualmente padrões e procedimentos globalmente aceitos para a produção, distribuição e uso de cartas aeronáuticas que mostrem a concentração de nuvens de cinza vulcânica na atmosfera. Ainda é um desafio para a ciência determinar os constituintes, densidade e formato de uma nuvem vulcânica em momentos e locais exatos; é preciso reduzir essas incertezas.

### 3.3 A COMUNICAÇÃO DESSE TIPO DE EVENTO PARA O PESSOAL DA AVIAÇÃO

Reportes acurados e em tempo de informação relevante relacionada a perigos é uma atividade fundamental para o gerenciamento de segurança na aviação. Os dados usados para realizar análises vêm de várias fontes, sendo a mais importante o reporte direto do pessoal envolvido na atividade. Um requisito para tal é que esse pessoal esteja encorajado a relatar ocorrências que envolvam algum risco (ICAO, 2013). Mas os controladores de tráfego aéreo, por exemplo, podem estar muito ocupados para repassar mensagens que acreditem ter menor prioridade do que manter a separação requerida entre aeronaves. Outro ponto importante é que, nos anos recentes, o crescimento de mídias sociais tem indicado que notificações não oficiais de erupção e perigos podem ser disseminadas, levando a falsos alarmes ou mesmo informações conflitantes (LECHNER *et al.*, 2017).

Uma aeronave com motor a turbina pode viajar cerca de 150 km em dez minutos, e cinza vulcânica pode ascender aos níveis de voo dessas aeronaves em metade desse tempo (ICAO, 2016). É essencial uma resposta ágil à erupção que gera cinzas na atmosfera, bem como que a informação da atividade vulcânica seja disseminada o quanto antes. A forma como os avisos de partícula vulcânica para a aviação são gerados e disseminados é prescrita nos documentos PANS-ATM *Doc* 4444 e detalhada também no manual IAVW *Doc* 9766, e estão de acordo com o anexo três da OACI (Organização da Aviação Civil Internacional). Lechner *et al.* (2017) lembram que em 2014 uma aeronave teve contato com cinzas durante o voo, após a erupção do vulcão Kelut, e os avisos não chegaram à tripulação.

O Centro de Informação de Voo (ACC, do inglês *Area Control Center*) serve durante a erupção como conexão crítica para comunicação entre a aeronave em voo afetada e os provedores de informação. A OACI, em seu documento de 2016 para plano de contingência nessas situações, reforça que em áreas onde vulcões não são monitorados por observatórios, tecnologias de sensoriamento remoto, como observação por satélites, e reporte de pilotos são a principal fonte de informação sobre partículas na atmosfera. Para tal, tripulações de voo precisam saber transmitir observações de atividade vulcânica para os órgãos apropriados. Isso ajuda a melhorar a base de conhecimento dos VAAC, para diminuir as restrições para operações aéreas ao mínimo possível. É preciso também ter um arranjo com os Estados que possuem infraestrutura para verificar a situação atual da nuvem na atmosfera.

Cinza na atmosfera pode resultar em muitas aeronaves tendo suas rotas alteradas para áreas adjacentes não afetadas, sendo necessário que os órgãos e Estados envolvidos tenham capacidade de acomodar e revisar o fluxo de tráfego, quando necessário, de forma segura e eficiente (ICAO, 2016). É necessário um bom gerenciamento para que o risco à atividade aérea seja mitigado a um nível aceitável, de modo que os transtornos gerados não tragam custos tão elevados (ICAO, 2013).

Segundo Lima (2013), apenas parte dos 500 vulcões ativos ao redor do planeta é monitorada continuamente; e por questões técnicas, nem todas as áreas afetadas pela cinza vulcânica são detectadas pelos satélites meteorológicos e, além disso, os atuais radares embarcados nas aeronaves ainda não são capazes de detectar as partículas de material em voo. É essencial um grande nível de harmonização global para haver a consistência desejada na informação (ICAO, 2016). As erupções consecutivas de 2010 que afetaram a Europa não se configuraram necessariamente em um problema de comunicação devido à enorme magnitude de seus efeitos, que colocaram todo aquele continente em alerta máximo durante aproximadamente uma semana. O problema mais relevante à segurança de voo são aquelas erupções esporádicas e inesperadas.

Lechner (*et al.* 2017) afirmam que as prioridades futuras do IAVW são focadas em melhorar a comunicação antes e bem no início da produção de cinza, além de melhorar a disseminação de informação e sistemas de alerta para ajudar a reduzir o

impacto econômico para a aviação. Os serviços do IAVW podem ser divididos em quatro áreas: (1) monitorar informações da ameaça, início, fim, escala e características de uma erupção, (2) monitorar as cinzas na atmosfera, (3) prever a trajetória esperada e local da nuvem e (4) comunicar a informação aos usuários da aviação. Ainda para Lechner (*et. al.* 2017), antes e durante a erupção, a coordenação e o fluxo de informação são prioridades, informando o local e previsão da evolução do fenômeno. Envolve cooperação entre os provedores da informação, nesse caso os VAAC, e os tomadores de decisão operacional.

#### 4 CONCLUSÃO

Não há registro de fatalidades associadas a aeronaves operando próximas a nuvens de cinza vulcânica. Entretanto, aeronaves ainda não são totalmente capazes de evitar contato com essas nuvens. Esse fenômeno natural significa para a aviação não somente risco à segurança, mas também danos econômicos, ainda que um encontro de aeronave com uma nuvem desse tipo não resulte em acidente aeronáutico.

Nas ocorrências de encontro entre aeronaves e nuvens de cinza, os membros da tripulação não tiveram conhecimento da erupção, tampouco da nuvem propriamente dita, mesmo aquela tendo se iniciado várias horas antes do incidente. Usar as tecnologias atuais para prevenir danos econômicos e à segurança advindos de tal fenômeno é tarefa que precisa contar com a participação de várias agências dentro e fora da aviação. Mesmo com o advento de ferramentas como GPS e equipamentos modernos de comunicação de dados, ainda é um desafio informar tripulações em voo em tempo real sobre a ocorrência e desenvolvimento desse fenômeno natural.

É preciso que haja esforços no sentido de diminuir as discontinuidades que existem na comunicação desses eventos para a tripulação, para evitar que haja danos à estrutura da aeronave, podendo ocorrer um desastre. Discontinuidades existem devido à dificuldade que há em prever com precisão uma erupção vulcânica, já que nem todos os vulcões são monitorados por órgãos especializados. A grande preocupação são as erupções esporádicas e imprevisíveis que em questão de horas podem produzir grandes nuvens que gerem risco à segurança aérea ou transtornos para a aviação.

Prever a dispersão de cinzas na atmosfera somente é possível com a colaboração de diferentes disciplinas científicas e agências operacionais nos níveis nacional e internacional. O tráfego aéreo mundial tende a crescer a longo prazo, então é preciso permitir possíveis alterações no seu fluxo sem gerar grandes prejuízos à demanda de passageiros e carga. Futuras erupções vulcânicas ainda têm potencial de causar distúrbios significantes para o transporte aéreo, seja na segurança ou em perdas econômicas. Há espaço para o desenvolvimento nas áreas de procedimentos, ciência, engenharia e comunicação prática para melhor gerenciar o risco que as erupções vulcânicas oferecem à aviação.

Ainda é preciso que haja pesquisa principalmente nas áreas relacionadas à geologia, detecção e disseminação da informação relativa às erupções vulcânicas, para que essa informação chegue a tempo até a tripulação a bordo de uma aeronave. Conforme a aviação for recebendo cada vez mais tecnologia em suas rotinas operacionais, há uma tendência de que haja uma integração cada vez maior entre os vários órgãos responsáveis por gerenciar o fluxo de aeronaves em nível mundial, bem como uma integração com agências fora da aviação. Essa integração ainda precisa evoluir para que se alcance os objetivos de melhorar a segurança aérea com relação às nuvens de cinza vulcânica.

#### REFERÊNCIAS

- BARROS, Aidil J. da Silveira; LEHFELD, Neide A. de Souza. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para a iniciação científica**. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BONADONNA, Costanza; FOLCH, Arnau; LOUGHLIN, Susan; PUEMPEL, Herbert. *Future developments in modelling and monitoring of volcanic ash clouds: outcomes from the first IAVCEI-WMO workshop on Ash Dispersal Forecast and Civil Aviation*. *Bulletin of Volcanology*, 2012. Disponível em: <<https://archive-ouverte.unige.ch/unige:19463>> Acesso em: 04 set. 2017.
- BRANDT, Jorgen. *National Environmental Research Institute at Aarhus University, Dinamarca*. 2010. Disponível em: <[http://m.fooyoh.com/iamchiq\\_living\\_lifestyle/4804156](http://m.fooyoh.com/iamchiq_living_lifestyle/4804156)> Acesso em: 19 nov. 2018.
- BROWN, Gregory N., HOLT, Mark J. *The Turbine Pilot's Flight Manual*. 2ed. Iowa: Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, 2001.
- CASADEVALL, Thomas J. *U.S. GEOLOGICAL SURVEY BULLETIN 2047. Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*. Washington: United States Government Printing Office, 1994. Disponível em: <> Acesso em: 22 ago. 2017.
- CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

- CHRISTMANN, C.; NUNES, R. R.; SCHMITT, A. R. *Recent encounters of aircraft with volcanic ash clouds*. *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2015*, DocumentID: 370124, 2015. Disponível em: <<https://www.dglr.de/publikationen/2015/370124.pdf>> Acesso em: 26 set. 2018.
- FROMM, Mike. *7th International Workshop on Volcanic Ash (IWVA/7) 19-23 October 2015, Anchorage, Alaska*. 2015. Disponível em: <[https://www.wmo.int/aemp/sites/default/files/P-30\\_FROMM.pdf](https://www.wmo.int/aemp/sites/default/files/P-30_FROMM.pdf)> Acesso em: 22 out. 2018.
- GRINDLE, Thomas J.; BURCHAM, frank W. Jr. *Engine Damage to a NASA DC-8-72 Airplane from a High-Altitude encounter With a Diffuse Volcanic Ash Cloud*. 2003. Disponível em: <<http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1161.pdf>> Acesso em: 09 set. 2017.
- GUFFANTI, Marianne; CASADEVALL, Thomas J.; Budding, Karin. *Encounters of Aircraft with Volcanic Ash Clouds: A compilation of Known Incidents, 1953-2009*. 2010. *U.S Geological Survey Data Series 545*. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/ds/545/DS545.pdf>> Acesso em: 13 set. 2018.
- ICAO – *International Civil Aviation Organization*. *Safety Management Manual (SMM)*. 3ed. Doc 9859, Montreal, Canadá, 2013.
- ICAO – *International Civil Aviation Organization*. *Volcanic Ash Contingency Plan, Europe and North Atlantic Regions*, 2ed, EUR Doc 019, NAT Doc 006, Part II, 2016. Disponível em: <<https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/EUR+NAT%20VACP.pdf>> Acesso em: 16 out. 2017.
- LECHNER, Peter; TUPPER, Andrew; GUFFANTI, Marianne; LOUGHLIN, Sue; CASADEVALL, Thomas. *Volcanic Ash and Aviation – The Challenges of Real-Time, Global Communication of a Natural Hazard*. 2017. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/11157\\_2016\\_49/fulltext.html](https://link.springer.com/chapter/10.1007/11157_2016_49/fulltext.html)> Acesso em: 10 set. 2018.
- LIMA, Gustavo Fernandes de. *Segurança de voo: o perigo da cinza vulcânica*. 2013. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas) Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás.
- MANNO, Chris. *Summer weather, Flight delays and you*. 2013. Disponível em: <<https://jethead.wordpress.com/2013/05/29/summer-weather-flight-delays-and-you/>> Acesso em: 19 nov. 2018.
- MAZZOCCHI, Mario; HANSSTEIN, Francesca; RAGONA, Maddalena. *The 2010 Volcanic Ash Cloud and its Financial Impact on the European Airline Industry*. Munique: Fórum CESifo, 2010. Disponível em: <<https://www.cesifo-group.de/DocDL/forum2-10-focus11.pdf>> Acesso em: 12 out. 2018.
- MINIER, Jean Pierre. *A General introduction to particle deposition*. 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/305673504\\_A\\_General\\_Introduction\\_to\\_Particle\\_Deposition](https://www.researchgate.net/publication/305673504_A_General_Introduction_to_Particle_Deposition)> Acesso em: 15 set. 2018.
- NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S Department of Commerce*. *What is LIDAR?* 2013. Disponível em: <<https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>> Acesso em: 12 nov. 2018.
- OXFORD ECONOMICS. *The economic impacts of air travel restrictions due to volcanic ash*. 2010. Disponível em: <<https://www.oxfordeconomics.com/my-oxford/projects/129051>> Acesso em: 23 out. 2018.
- SERVRANCKX, René. *What are the special hazards from volcanic ash?* 2016. Disponível em: <<http://chis.nrcan.gc.ca/volcano-volcan/haz-vol-en.php>> Acesso em: 14 nov. 2018.
- ZOLFAGHARIFARD, Ellie. *Easyjet tests 'AVOID' system that will allow pilots to fly during volcanic eruptions*. 2013. Disponível em: <<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2505453/Easyjet-tests-AVOID-ash-cloud-allow-pilots-fly-volcanic-eruptions.html>> Acesso em: 21 nov. 2018.

....

---

# Redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) através da implementação de biocombustíveis na aviação comercial brasileira

Nathan Fraga Ribeiro<sup>1,2</sup>, Elones Fernando Ribeiro<sup>3</sup>

1 Graduando do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

2 [nathan-fraga@hotmail.com](mailto:nathan-fraga@hotmail.com)

3 Graduado em Engenharia Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1984), com Mestrado em Educação (1998) e Doutorado em História (2008), pela mesma instituição.

---

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo estudar a introdução de biocombustíveis na aviação comercial brasileira, analisando os custos, viabilidade de produção em alta escala, técnicas de refino e o impacto na matriz energética nacional, bem como o impacto ambiental gerado pela plantação de matérias primas para fabricação do mesmo. Apoiando-se na análise de alguns voos de teste com aeronaves abastecidas com bioquerosene, será possível medir qual a consequência material e na performance dos motores. Através de revisão bibliográfica nota-se que o aumento na emissão de dióxido de carbono gerado pela aviação tem aumentado significativamente, e a solução mais sustentável é a troca de combustíveis fósseis por biocombustíveis, o que gera uma grande oportunidade socioeconômica para o Brasil.

**Palavras Chave:** Aviação Brasileira, Biocombustíveis, Dióxido de Carbono, Sustentabilidade.

## Reduction of carbon dioxide emission through the implementation of biofuels in brazilian commercial aviation

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to study the introduction of biofuels in brazilian commercial aviation, analyzing costs, feasibility of production in high quantity, refining techniques and the impact on the national energy matrix, as well as the environmental impact generated by the planting of raw materials for manufacturing the same. Based on the analysis of some test flights with aircraft supplied with biojerkerosene, it will be possible to measure the material consequence and performance of the engines. Through a bibliographical review it is noticed that the increase in the emission of carbon dioxide caused by aviation has increased significantly, and the more sustainable solution is the exchange of fossil fuels for biofuels, which generates a great socioeconomic opportunity for Brazil.

**Key words:** Brazilian Aviation, Biofuels, Carbon Dioxide, Sustainability.

**Citação:** Ribeiro, NF, Ribeiro, LF. (2019) Redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) através da implementação de biocombustíveis na aviação comercial brasileira. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N<sup>o</sup>. 1, pp. 45-55.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a indústria consumidora de combustíveis fósseis vem crescendo exponencialmente, acompanhada pela preocupação a respeito das mudanças climáticas causadas principalmente pelo aquecimento global, que possui como seu maior cúmplice, o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), grande parte causada pela queima de combustíveis fósseis. A aviação é um bom exemplo de consumidor destes combustíveis prejudiciais ao meio ambiente, o setor de transporte aéreo é responsável atualmente por 2% das emissões globais de CO<sub>2</sub> e cresce a uma taxa de 5 a 10% a.a. podendo atingir 3% em 2030 (VELASQUEZ; KUBOTANI; GONZÁLEZ, 2012).

O mercado global de combustíveis para jato em 2011 foi de 5,3 milhões de barris por dia, com expectativa de alcançar 6,4 milhões de em 2020 e 7,5 milhões em 2030 (FAVELA, 2012). Se o consumo de combustível fóssil continuar a crescer nessa velocidade, em 2050, as emissões de CO<sub>2</sub> geradas pela aviação serão seis vezes maiores (FAPESP, 2013).

De acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil, (BRASIL) 2013, a demanda doméstica do transporte aéreo de passageiros mais do que duplicou nos últimos dez anos, quando obteve alta de 133% entre os anos de 2006 e 2015 com crescimento médio de 9,8% ao ano, a vista disso, a demanda de querosene tende a aumentar cada vez mais e como o petróleo, que é a matéria prima para a fabricação do querosene, é uma fonte esgotável, começou-se a pensar em fontes energéticas alternativas que suprissem o uso do mesmo.

Muitos Países assinaram um acordo na 21<sup>o</sup> conferência das partes (COP21) da UNFCCC em 2015 em Paris com o objetivo central de fortalecer a resposta global a ameaça da mudança climática que pode ser catastrófica em um futuro não tão distante, O Brasil como país participante comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 (BRASIL, 2015).

Com o comprometimento do Brasil em reduzir os níveis de emissão de dióxido de carbono, as companhias aéreas Brasileiras, que participam na emissão deste composto químico maléfico ao meio ambiente, passam a ter um grande desafio



pela frente buscando tecnologias para redução deste gás. Felizmente podemos perceber a movimentação das empresas aéreas em busca de soluções.

Durante a conferência RIO+20 em 2012, duas empresas aéreas Brasileiras fizeram voos demonstrativos usando biocombustíveis, a Azul linhas aéreas voou um EMBRAER E-195 utilizando um combustível renovável drop-in<sup>1</sup>, no mesmo dia a Gol linhas aéreas voou um Boeing 737-800 utilizando QAV misturado com biocombustível derivado de óleo de milho não comestível e óleo de cozinha usado, ambas empresas mostraram ao mundo neste dia o futuro da aviação comercial.

Estudos sobre biocombustíveis para aviação vem crescendo significativamente no Brasil, como por exemplo a criação da Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (ABRABA) criada em 2010 pelas maiores companhias aéreas Brasileiras, a fabricante de aeronaves EMBRAER, a união da indústria de cana de açúcar (UNICA) e a Associação Brasileira dos Produtores de Pinhão Manso (ABPPM), a aliança tem como objetivo promover iniciativas públicas e privadas que busquem o desenvolvimento e a certificação de biocombustíveis sustentáveis para a aviação.

O Brasil atualmente é um exemplo para outros países na questão de estudos de energias renováveis e reconhecido internacionalmente por sua grande experiência no uso de biomassa para fins energéticos a partir de madeira, etanol de cana de açúcar e biodiesel. A bioenergia moderna representa cerca de 30% da matriz energética brasileira (CORTEZ et al., 2014).

Está experiência Brasileira em energias renováveis, facilita a introdução de biocombustíveis na aviação comercial Nacional, além dos benefícios para o meio ambiente o Brasil poderá se beneficiar economicamente tanto com a geração de milhares de empregos assim como a venda de matéria prima, já que o Brasil possui grande área territorial para plantação/produção destes biocombustíveis.

Segundo o gerente de relações externas da Embraer, Daniel Bassani durante uma audiência pública em dezembro de 2016 afirmou que o Brasil tem vantagens como; uma variedade muito grande de matérias-primas, o que permite várias soluções regionais.

Segundo o coordenador sênior de pesquisa de biocombustíveis da Boeing, Onofre Andrade, na mesma audiência pública relatou que a indústria da aviação ainda tem potencial para crescer e, para isso, terá de investir nessa alternativa sustentável. Ele ainda acrescenta “As opções que temos para a redução de emissões na indústria são poucas, e os biocombustíveis representam a melhor opção” (JUSBRASIL, 2017).

## 2 EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> E BIOCOMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO

Dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico é um composto químico constituído por dois átomos de oxigênio e um de carbono, é um gás essencial para a vida na terra, visto que é um dos compostos fundamentais para a realização da fotossíntese, sua liberação pode ocorrer por diversas maneiras, como, por exemplo, no processo de respiração dos seres humanos, queima de combustíveis fósseis (gasolina, diesel, querosene, carvão mineral, carvão vegetal), degradação de matéria orgânica, entre outros (BUENO et al., 1994).

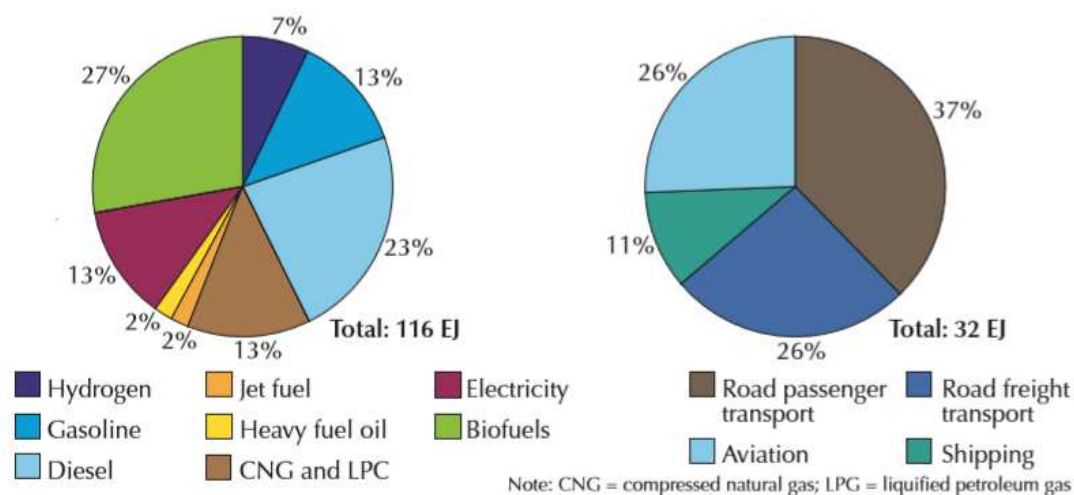
O aumento expressivo da utilização de combustíveis fósseis na indústria e nos transportes ao passar dos anos tem provocado um grande acréscimo de gás carbônico na atmosfera, como sabemos o CO<sub>2</sub> é um dos principais compostos químicos responsáveis pela intensificação do efeito estufa, o que tem preocupado o mundo inteiro. Segundo pesquisadores do Global Carbon Project as emissões de CO<sub>2</sub> crescerão cerca de 2,7% em 2018 atingindo 37,1 giga toneladas – um recorde na história da humanidade (EL PAÍS, 2018).

Tais preocupações a respeito das mudanças climáticas globais, assim como os altos preços e a incerteza da existência de petróleo no futuro, levaram a uma crescente demanda por tecnologias de energia renovável e processos mais eficientes de conversão de energia que reduzam a utilização de combustíveis fósseis.

A biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. É considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis (BRASIL, 2008).

A figura abaixo apresenta o estudo da IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) estimando que em 2050 os biocombustíveis podem representar 27% da demanda global de energia em transportes. Prevê-se que os biocombustíveis contribuam para todos os modos de transporte, mas o transporte rodoviário (63%) e aéreo (26%) devem ter a quota mais relevante (IEA, 2010).

<sup>3</sup> Biocombustíveis “drop-in”, são biocombustíveis que quando misturados com combustíveis para jatos convencionais até a proporção definida por uma especificação de combustível, pode usar a mesma infraestrutura de fornecimento e não exigem adaptação de aeronaves ou motores (FAPESP, 2013, p.19)



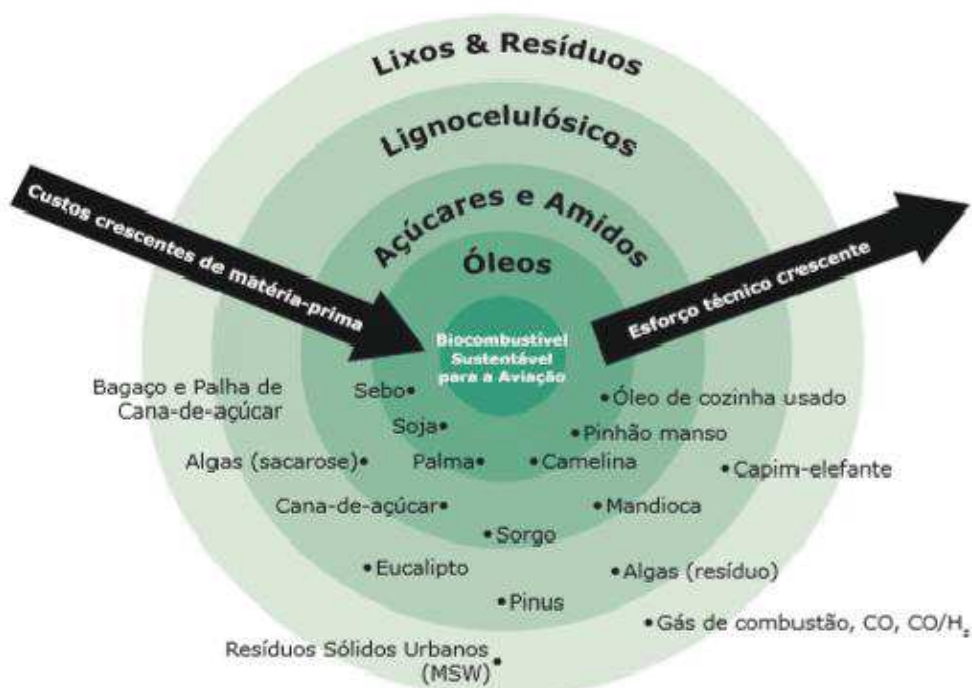
**Figura 1** - Uso global de energia no setor de transporte (à esquerda) e uso de biocombustíveis em diferentes modos de transporte (à direita) em 2050  
Fonte: (IEA, 2010, p.14)

A aviação como parte do grupo de emissores de dióxido de carbono, também está lutando para que haja diminuição nos índices de CO<sub>2</sub> na atmosfera, empresas aéreas associadas à International Air Transport Association (IATA) estão comprometidas em aperfeiçoar a eficiência na utilização de combustível em 1,5% por ano até 2020, não aumentar a emissão de CO<sub>2</sub> até 2020 e reduzir em 50% as emissões até 2050, comparativamente a 2005 (ATAG, 2009).

## 2.1 PRINCIPAIS ROTAS PARA PRODUÇÃO DE BioQAV

Segundo Cortez et al, (2014) um grande número de matérias-primas pode ser utilizado na produção de biocombustíveis para a aviação, no entanto, requisitos importantes como: capacidade de melhorar a produção, baixas emissões diretas e indiretas, alta eficiência no uso da terra, impactos sociais e econômicos positivos, baixo custo de refinamento e alto poder energético também precisam ser cumpridos. Abaixo estão listadas as principais matérias primas:

- Sacarose e amido (ex.: cana-de-açúcar, milho, sorgo doce)
- Óleo (ex: soja, jatrofa, camelina, algas)
- Fibra (ex: eucalipto, bagaço de cana)
- Resíduos industriais



**Figura 2** - Matérias-primas e sua posição relativa segundo custos e esforços técnicos para serem convertidas em biocombustível para a aviação.

Fonte: (FAPESP, 2013 p.33)

Para converter estas matérias primas, consideradas biomassa, em biocombustíveis para aviação, existem alguns processos industriais, que estão listados abaixo:

- Hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA)

É baseado em triglicerídeos e ácidos graxos que se originam de óleos vegetais, algas e óleos microbianos e é aprovado para uma mistura de 50% pela American Society for Testing and Materials (ASTM). A demanda de hidrogênio para diferentes qualidades de matérias-primas varia, resultando em custo de conversão diferente para diversas matérias-primas como óleo de palma, gordura animal, camelina, jatrofa etc.

Neste processo após a remoção de oxigênio e saturação com hidrogênio, é necessário catalisar as moléculas com hidrogênio. O custo de investimento é baixo, mas o custo de matérias-primas pode representar 70% do custo total, e atualmente é muito alto para competir com o combustível de aviação convencional. No Processo HEFA, 1 Litro de óleo gera aproximadamente 1 Litro de Bioquerosene. Esse é o processo mais promissor no Brasil. (CORTEZ et al., 2014).

- Fischer Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene

O Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene (*FT-SPK*) é um querosene parafínico sintético produzido a partir de uma matéria-prima proveniente da gaseificação, seguido de um processo de síntese por Fischer-Tropsch (KINDER; RAHMES, 2009).

A matéria-prima (carvão, gás natural ou biomassa) é gaseificada, e o monóxido de carbono e o hidrogênio produzidos são combinados para formar uma mistura de produtos no processo de síntese Fischer-Tropsch. Esses produtos são polimerizados ou tratados posteriormente pela reação com catalisador e hidrogênio, processos conhecidos como hidroprocessamento. O passo final é seu fracionamento para produzir um SPK com propriedades adequadas para ser utilizado em motores a reação.

- Hydrogenated Pyrolysis Oil Kerosene (HPO)

É baseado em óleos de pirólise da biomassa lignocelulósica. Os óleos de pirólise podem ser hidrotratados em instalações dedicadas ou coprocessados com óleos de petróleo em refinarias. Hoje, o óleo de pirólise está no limite da pesquisa em direção ao nível de demonstração. Espera-se que a modernização dos óleos de pirólise use a infraestrutura de refino existente, o que o tornaria mais competitivo do que o “Fischer tropsch”.

- Alcohol to jet (ATJ)

Neste tipo de refinamento os hidrocarbonetos são produzidos a partir de álcoois. É tecnicamente viável, mas, começando com um produto comercial, o preço final é alto. A hidrólise de materiais celulósicos da cana-de-açúcar e outras culturas ou resíduos pode melhorar a economia, bem como outros processos de conversão de resíduos em álcoois. (AIREG, 2018).

### 3 VIABILIDADE DE BIOCMBUSTÍVEIS NA AVIAÇÃO BRASILEIRA

Em comparação com biocombustíveis convencionais, aqueles utilizados em automóveis, os empregados na aviação encaram condições mais desafiadoras, especialmente devido aos altos requisitos de padrões de qualidade que são de grandíssima importância, no entanto, tais exigências não estão a limitar o uso destes.

Os requisitos técnicos para biocombustíveis de aviação devem assegurar tais características: alta densidade energética, resistir a uma série de condições operacionais, volatilidade adequada, baixo ponto de congelamento, não conter água em solução, quimicamente estável, apresentar baixa corrosividade e claro substituir diretamente o combustível tradicional (ATAG, 2009).

Para atingir uma viabilidade técnica efetiva e condições adequadas para fomentar um mercado internacional, os biocombustíveis de aviação terão que apresentar bons indicadores de sustentabilidade ambiental e alcançar níveis mínimos de competitividade econômica. Com relação aos aspectos de sustentabilidade, reconhece-se que “nem toda bioenergia é energia sustentável” (MCFARLANE, 2015). O principal desafio dos pesquisadores é achar uma forma de produção de matéria prima em alta escala sem que isso afete a produção de alimentos, o meio ambiente e a biodiversidade.

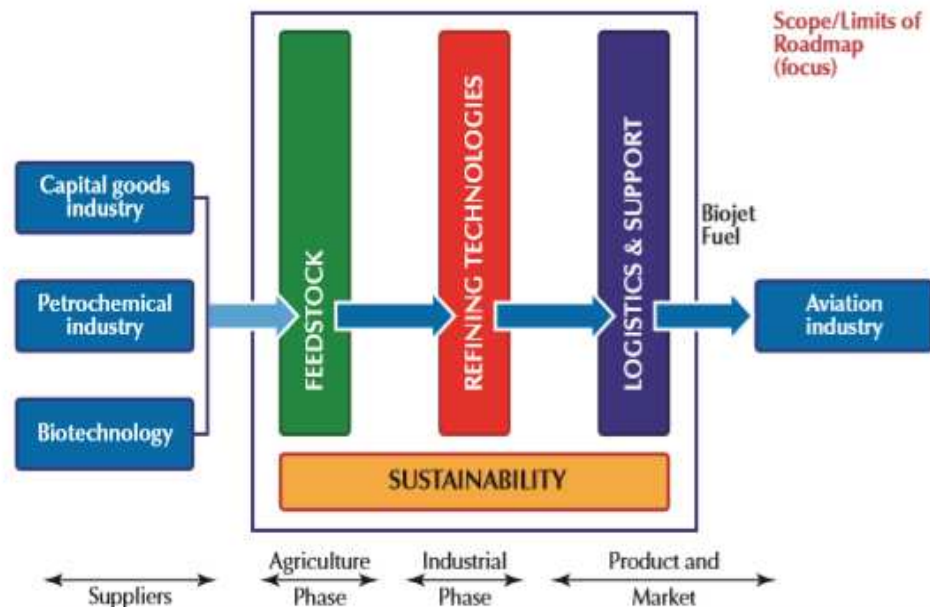
Segundo Mcfarlane (2015), o setor de aviação precisa priorizar biocombustíveis de segunda e terceira geração que atendam a rigorosos critérios de sustentabilidade. Ele acrescentou: "Não reinvente a roda - use os critérios de sustentabilidade já desenvolvidos" p.13. A América Latina em especial o Brasil tem um potencial enorme para ser referência mundial em produção de bioquerosene – BioQAV, já que apresenta geografia favorável, está localizado em uma região tropical, com altas taxas de luminosidade e temperaturas médias anuais.

Associada a disponibilidade hídrica e regularidade de chuvas, torna-se o País com maior potencial para produção de energia renovável. Segundo Maria Isaura Pereira de Oliveira e Napoleão Esberard de Macedo Beltrão (2008), pesquisadores da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) mostram em seu artigo: Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel, que o potencial brasileiro para produção de biocombustíveis se expande para o nordeste, onde, além da cana-de-açúcar, é possível cultivar mamona, amendoim, gergelim, babaçu, entre outras oleaginosas.

Outro grande desafio da introdução de biocombustíveis na aviação é tornar-se competitivo. Além da questão do custo, existe a necessidade de maior oferta. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) criou um projeto “biocombustíveis sustentáveis para a aviação no Brasil” que possui como principal meta, criar uma base para o

estabelecimento de uma indústria de biocombustíveis para aviação Nacional e assim ajudar a identificar lacunas científicas e tecnológicas nesta área, com a identificação das barreiras em relação a produção e desenvolvimento tecnológico para produzir em larga escala, será possível reduzir o preço final deste produto e assim competir igualmente com o querosene fóssil, desenvolvendo uma nova era energética no Brasil e no mundo.

A figura abaixo mostra os principais componentes deste trabalho, são estes: matéria-prima, tecnologias de refino e logística, incluindo a sustentabilidade como base do processo, por ser considerada uma questão crítica e por ser o foco principal da introdução de uma indústria bioenergética que forneça biocombustíveis de qualidade para a aviação Nacional.



**Figura 3** - Limites, componentes e principais fornecedores de biocombustíveis para a indústria da aviação

Fonte: (CORTEZ et al., 2014, p. 33)

A perspectiva de introduzir biocombustíveis na aviação Brasileira, gera oportunidades para a nova bioindústria que surgirá para responder os requisitos da indústria da aviação. A infraestrutura, produção e logística existente de energia renovável no Brasil é praticamente para produção e comercialização de etanol de cana-de-açúcar e biodiesel de diferentes fontes, principalmente, soja, banha e outras sementes oleaginosas (CORTEZ et al., 2014).

O desafio da implementação de BioQAV no Brasil envolve uma série de novas medidas para desenvolvimento de tecnologias, implementação de logística, disponibilidade de recursos financeiros e esforços de pesquisa constante e de longo prazo para melhorar continuamente os níveis econômicos e de qualidade dos biocombustíveis para aviação.

Embora seja notável o potencial Brasileiro em questões como: matéria prima, mão de obra e tecnologia, isso provavelmente é insuficiente, considerando a grandeza dos problemas envolvendo este combustível renovável para aviação, ou seja, será necessário muito investimento para que o Brasil consiga implementar esta nova era de biocombustíveis na aviação Nacional, segundo o senador Fernando Bezerra Coelho (PSB-PE) em uma comissão no Senado Federal em 2016, o mesmo advertiu para a urgência que a questão envolve. Para ele, o Brasil deve encarar essas metas como oportunidade, relatando “Ou o Brasil adota as medidas que precisam ser adotadas para fomentar biocombustível ou nós vamos comprar essa tecnologia em algum outro lugar” (JUSBRASIL, 2017).

#### 4 SUSTENTABILIDADE X EFICIÊNCIA

Historicamente, ganhos significativos na eficiência dos combustíveis tem sido alcançados por melhorias operacionais como: maiores fatores de carga, utilização de aeronaves maiores e por progressos técnicos como: motores mais eficientes, aerodinâmica mais desenvolvida e fuselagens mais leves, no entanto mesmo com estas melhorias de eficiência significativas, prevê-se que as emissões de CO<sub>2</sub> causadas pela aviação mais que triplicarão até 2050 (COMMISSION, 2011).

A sustentabilidade dos biocombustíveis se dá principalmente pelo fato de eles serem utilizados como uma fonte renovável através da queima da biomassa a partir de produtos agrícolas, como cana-de-açúcar, mamona, soja, canola, babaçu, mandioca, milho, beterraba ou algas. Além de ser menos poluente, os BioQAV significam a possibilidade de reaproveitamento de resíduos cuja energia já é usada pelo próprio ecossistema para a sua manutenção.

Mesmo causando uma quantidade muito menor de impactos ambientais em comparação com os combustíveis fósseis, o emprego desta fonte energética renovável, em larga escala também é capaz de criar impactos negativos ao meio ambiente devido à má utilização da terra para o plantio de matérias primas, por isso todo processo de produção precisa ser regulamentado e utilizado de forma sustentável.

Pontos a serem considerados na sustentabilidade envolvem: eficiência no uso da terra, promoção do desenvolvimento rural regional, baixo uso de água, dano zero à qualidade do ar, manutenção ou melhoria da fertilidade do solo, falta de disputa com biodiversidade, segurança alimentar e progresso social positivo. Alguns especialistas simplesmente resumem os aspectos de sustentabilidade a serem considerados na produção de biocombustíveis em três aspectos: ambiental, social e econômico (CORTEZ et al., 2014).

- Aspecto ambiental: Produzir biocombustíveis para aviação de maneira ambientalmente sustentável, observando todas as fazes de produção do mesmo.
- Aspecto social: Gerar impacto positivo no desenvolvimento regional rural, onde as matérias primas são produzidas.
- Aspecto econômico: Reduzir ao máximo os custos de produção, mantendo a qualidade e os requisitos mencionados anteriormente, para então competir com o combustível de origem fóssil.

De acordo com a USP (2013), para diminuir os danos da atividade aérea é necessária a utilização de biocombustíveis drop-in, produzidos a partir de biomassas sustentáveis. Este tipo de combustível renovável não contribui para o desflorestamento, exibindo um balanço positivo de emissão de CO<sub>2</sub> em comparação com combustíveis fósseis.

Segundo Cortez et al (2014), o setor de aviação provavelmente exigirá uma certificação de sustentabilidade para a produção de biocombustíveis, incluindo a produção de matérias-primas, com o objetivo de garantir que tais combustíveis sejam produzidos em conformidade com os requisitos ambientais e sociais determinados por um processo com múltiplas partes interessadas. Estas certificações de sustentabilidade estão focadas principalmente na redução de emissão de gases do efeito estufa (GEE), impactos ambientais como; (distribuição hídrica e biodiversidade) e minimização de impactos socioeconômicos.

#### 4.1 RESOLUÇÕES ANP

No Brasil a agência que regula a comercialização e produção de combustíveis para aviação é a Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP), particularmente pela resolução número 37/2009. As especificações Brasileiras estão alinhadas com os requisitos da American Society for Testing and Materials (ASTM), que é um órgão estadunidense de normalização, que desenvolve e publica normas técnicas para uma ampla gama de matérias, produtos, sistemas e serviços.

Atendendo às normas internacionais de uso de biocombustíveis de aviação, no Brasil atualmente o mesmo, pode ser utilizado voluntariamente em mistura, preestabelecida, com o querosene de aviação fóssil, porém já existem projetos para que essa mistura seja obrigatória para voos nacionais, seguindo os parâmetros e percentuais estabelecidos em resoluções da ANP, o que ajudaria muito o desenvolvimento e implementação de biocombustíveis na aviação nacional.

Atualmente, a ASTM utiliza critérios rigorosos para a aprovação de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Estes critérios buscam assegurar a qualidade do combustível antes e após a mistura com o BioQAV, para que não seja necessária nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança e eficiência durante a utilização em aeronaves comerciais de grande porte (ANP, 2014).

A resolução ANP 63/2014, explica algumas especificações a respeito da mistura e uso de BioQAV. Os querosenes de aviação alternativos abrangidos por esta resolução são o Querosene Parafínico Sintetizado por Fischer-Tropsch (SPK-FT), Querosene Parafínico Sintetizado por Ácidos Graxos e Ésteres Hidroprocessados (SPK-HEFA) e Iso-Parafinas Sintetizadas (SIP). Segundo a ANP (2014), o Querosene de Aviação Alternativo poderá ser adicionado ao Querosene de Aviação (QAV-1) para o consumo em motores de aeronaves nas seguintes condições:

I - até o limite máximo de cinquenta por cento em volume no caso do SPK- FT e SPK-HEFA.

II - até o limite máximo de dez por cento no caso do SIP.

III - Fica proibida a adição de mais de um tipo de Querosene de Aviação Alternativo ao Querosene de Aviação (QAV-1).

A ANP realizou no dia seis de fevereiro de 2018 no Rio de Janeiro uma reunião para tratar de algumas mudanças nas regras sobre bioquerosene e querosene fóssil de aviação. Conforme o diretor da ANP Aurélio Amaral, o propósito da Agência é revisar as Resoluções ANP nº 37/2009 e 63/2014, que cuidam das especificações e regras de controle da qualidade do querosene de aviação fóssil e alternativo, como o bioquerosene, de forma a padronizá-las ao movimento mundial de redução das metas de emissões de dióxido de carbono (ANP, 2018).

A partir das recentes revisões feitas a respeito da especificação internacional de biocombustíveis, junto com a inclusão de dois novos BioQAV no rol de querosenes alternativos possíveis de serem misturados ao querosene fóssil, aumenta a possibilidade de investimentos, indo ao encontro do RenovaBio, programa do Governo Federal de incentivo ao uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira, instituída pela lei nº 13.576/2017, que possui como principais objetivos:

– Apresentar uma importante contribuição para o cumprimento dos tratados definidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris.

– Impulsionar a apropriada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com foco na regularidade do abastecimento de combustíveis.

– Estudar o futuro do mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, comercialização e uso de biocombustíveis.

Segundo Pedro Scorza diretor de biocombustíveis para aviação, da União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (UBRABIO), o RenovaBio vem como um degrau viabilizador para a indústria Brasileira de bioquerosene com expectativa de

uma modelagem de normas e políticas viabilizadoras, que possibilitam a mudança de patamar tecnológico para uma escala industrial, suficiente para atingir os ganhos de otimização de custos e aumento de tamanho de mercado necessários (CEISE, 2017).

#### 4.2 VOOS DEMONSTRATIVOS

Em 1982 o então chamado “querosene vegetal”, conhecido como prosene, para aviões a jato, após alguns testes de qualidade, foi considerado apto e assim teve início aos testes em motores em bancada no Centro Técnico Aeroespacial (CTA) em São José dos Campos. No dia 23 de outubro de 1983, Dia do Aviador, um turbo-hélice “Bandeirante”, abastecido com o prosene, decolou de São José dos Campos e sobrevoou Brasília, comprovando pioneiramente a possibilidade de utilizar biocombustíveis em modernos propulsores (KHALED et al., 2010).

Testes muito rigorosos realizados tanto no ar quanto no solo tem mostrado que os biocombustíveis são capazes de oferecer desempenho igual ou até melhor que o combustível fóssil atual. Estudos mostram que biocombustíveis sustentáveis para a aviação emitem ao longo de seu ciclo de vida uma quantidade menor de carbono, de 50% a 80% inferior, do que o combustível de aviação fóssil.

Internacionalmente, muitas companhias aéreas tem demonstrado voos utilizando biocombustíveis principalmente a partir de 2009, no Brasil no que diz respeito a testes, em abril de 2010 a TAM anunciou que ainda naquele ano pretendia fazer o primeiro voo na América Latina com BioQAV, produto obtido através de óleo de pinhão manso em mistura de 50% com o QAV 1. A empresa não apresentou valores sobre o custo dessa iniciativa, porém conseguiu avaliar os benefícios na questão de sustentabilidade, mostrando que o pinhão manso emite entre 65% e 80% menos gases de efeito estufa do que o querosene convencional, este foi o primeiro passo, porém sua adoção em grande escala levará mais tempo (BIODIESELBR, 2010).

Recentemente a Qantas airlines fez o primeiro voo transatlântico abastecido com biocombustível, o voo teve duração de 15 horas e carregava 24 toneladas de biocombustível combinado - isso deve levar a uma redução de 18 toneladas da emissão de carbono do Boeing 787-9 Dreamliner, aeronave responsável pelo trajeto. O novo combustível pode levar, de acordo com companhia, uma redução de até 80% das emissões de carbono em comparação com o combustível atual utilizado para jatos comerciais e baseado no petróleo.

Voando a 40.000ft no deserto da Califórnia em 2013, pesquisadores da NASA subiram ao céu com um DC-8 e outras aeronaves, para estudar os efeitos das emissões de gases poluentes durante a queima de combustíveis alternativos em motores a reação. A missão conhecida como ACCESS II, utilizou a mistura de 50-50 de jp-8, que é um combustível convencional, com um combustível alternativo feito a partir de óleo de camelina.

As pesquisas comprovaram redução de 52% nas emissões de fuligem contendo partículas de CO<sub>2</sub>, comparando com a queima do jp-8 puro, a partir deste teste foi comprovado que biocombustíveis para aviação são realmente mais sustentáveis e se utilizado mundialmente, será possível cumprir as metas de redução de emissão de dióxido de carbono.



**Figura 4 - Consumo e produção de combustível de aviação no Brasil**

Fonte: (FAPESP 2013, p.34)

Como dito anteriormente, o petróleo que é a matéria prima para fabricação de querosene, é uma fonte esgotável, e como podemos ver no gráfico acima a tendência de aumento da necessidade supera a produção brasileira e em um futuro não tão distante a competição por petróleo será muito alta e isso causará um aumento no preço do barril de petróleo, o que impacta diretamente na economia das empresas aéreas.

Por mais que se tenha dados positivos comprovando, a qualidade, segurança e sustentabilidade dos biocombustíveis, ainda existem algumas barreiras, para que haja a implementação 100% desta energia renovável, um delas é o fator econômico que por enquanto perde para o querosene convencional, porém tecnologias e necessidades do futuro tendem a inverter estes dados.

## 5 AÇÕES VIABILIZADORAS

Assim como outras tecnologias inovadoras, o desenvolvimento de BioQAV depende fortemente de mecanismos de apoio à pesquisa e políticas públicas apropriadas para que o Brasil se insira o quanto antes (e de forma planejada), nas cadeias de valores globais de bioquerosene, eliminando a médio e longo prazo, a necessidade de importação de querosene de aviação e criando a possibilidade de exportação do novo combustível e/ou biomassa sustentável. (CORTEZ et al., 2014).

Políticas públicas são de extrema importância para otimizar a tecnologia agroindustrial de biocombustíveis para aviação, será necessário implementar também, medidas regulatórias e financeiras para apoiar a produção e o uso do mesmo. Tais políticas públicas também deveriam incentivar pequenos agricultores e/ou comunidades locais para a produção de matéria prima fazendo com que estes também possam se beneficiar desta nova indústria (FAPESP, 2013).

Segundo o artigo publicado pelo Ministério do Meio Ambiente, “Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene”. Brasil (2017), algumas ações contribuiriam para a implementação de biocombustíveis na aviação nacional, como:

- Tributação diferenciada sobre a cadeia produtiva.

Com o objetivo de incentivar o desenvolvimento das diversas cadeias produtivas que geram os combustíveis sustentáveis de aviação, a atribuição de faixa tributária diferenciada a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) existente e a diferenciação de carga tributária para o combustível renovável, que aumentariam a competitividade com o combustível de origem fóssil, se fazem necessárias.

- Pesquisa e desenvolvimento

Linhas de financiamento para entidades públicas e privadas com o objetivo de desenvolver, adequar, incrementar e homologar tecnologias pertinentes para o desenvolvimento e a implementação dos combustíveis sustentáveis na aviação comercial brasileira de forma planejada, rentável, tornado este produto atrativo para as empresas aéreas.

- Logística de distribuição e armazenamento

Trabalho conjunto entre todos os agentes da cadeia de produção e comercialização e o regulador que no Brasil é a ANP, com o objetivo principal de elaborar um esquema de produção, distribuição e armazenamento que otimize o produto tornando-o economicamente atraente.

A troca do petróleo na aviação representa um nicho muito importante para biocombustíveis sustentáveis. O Brasil tem a grande oportunidade de se tornar um exemplo global nessa área. Existem importantes desafios a serem superados para criar a base dessa nova indústria emergente. O Brasil não pode perder essa oportunidade (FAPESP, 2013).

Infelizmente, nos dias de hoje o Brasil por mais que tenha todas as ferramentas para ser um país líder no movimento de substituição do combustível fóssil por combustível renovável, se encontra parado e atrás de países da Europa e América do Norte em questão de tecnologia e uso destes combustíveis. A principal barreira apresentada pelo setor aéreo brasileiro é o preço. Atualmente o QAV 1 responde por 28,8% dos custos das companhias, segundo a Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR).

A produção Brasileira e fornecimento contínuos de querosene sustentável é quase inexistente, o que gera preços elevados. O problema é considerado “mercadológico” o preço final do BioQAV não é competitivo já que a diferença de preço chega a 25%. Segundo o presidente da Ubrabrio, Pedro Scorza, as companhias aéreas são muito sensíveis ao custo. Qualquer variação de preço pode impactar os resultados das empresas e por isso não vão aceitar um custo diferente do combustível fóssil.

Segundo Amanda Gondim coordenadora da rede Brasileira de bioquerosene de aviação (RBQAV), em uma resposta a reportagem realizada pela Gazeta do Povo afirmou: "Ainda temos poucos pesquisadores em bioquerosene. Estamos tentando incentivar a entrada de novos pesquisadores porque na hora que a coisa começar para valer, vão aparecer os gargalos técnicos".

Devido à situação econômica, o País não tem condições de promover subsídios específicos para o mercado de bioquerosene. Para acelerar este processo sem subsídios o governo lançou em 2017, como dito anteriormente no artigo, o RenovaBio que é um programa que visa a expandir a produção de biocombustíveis por meio de metas anuais de redução dos gases do efeito estufa. Essas metas serão quantificadas pelas CBIOS, que são unidades de Créditos de Descarbonização, e as distribuidoras de combustíveis fósseis deverão adquiri-las para bater os objetivos. (RIBEIRO, 2019).

A produção e uso de biocombustíveis engloba necessariamente vários ministérios, Como: (Agricultura, Energia, Meio Ambiente, Ciência, Tecnologia, Inovação, comunicação e Defesa.) O BioQAV certamente inclui outros grupos de agências e

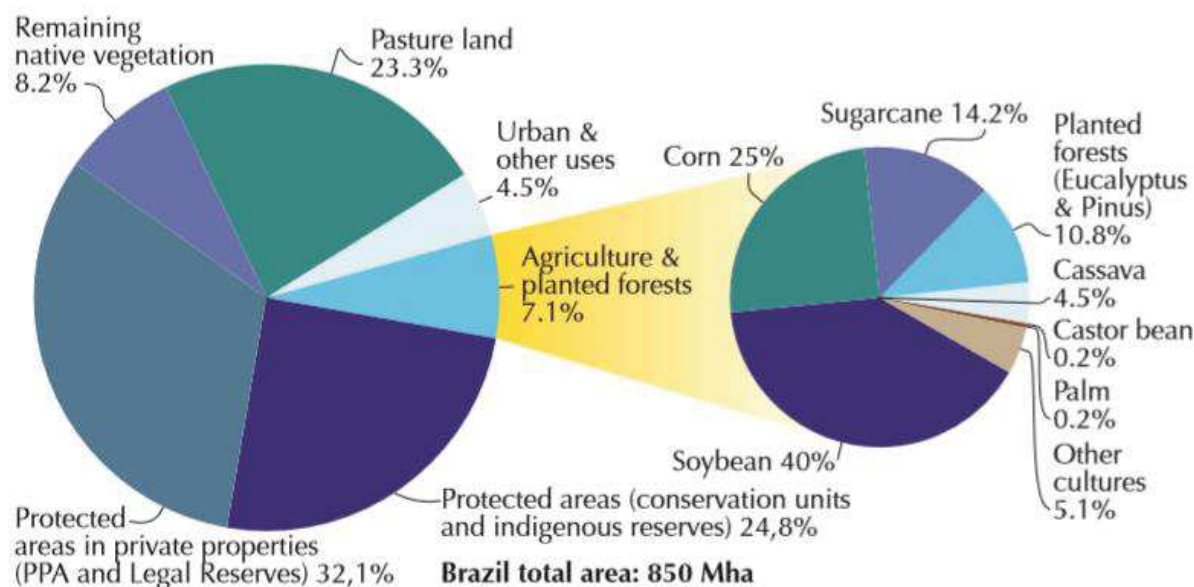
questões, sendo assim, todas as partes interessadas e tomadores de decisões deveriam ser incluídos na discussão e avaliação de alternativas e metas para o futuro, visando criar uma indústria nacional voltada a energias renováveis com uma base forte e promissora.

## 6 OPORTUNIDADE BRASILEIRA

O Brasil tem uma combinação única de disponibilidade significativa de terras já desmatadas para a agricultura, um setor agrícola dinâmico apresentando forte crescimento de produtividade, Essa notável combinação coloca o Brasil, em uma perspectiva de oferta de matéria-prima, em uma ótima posição, se as políticas forem implementadas, para desenvolver um programa de biocombustível para a aviação em conformidade com os princípios de responsabilidade e requisitos de sustentabilidade o Brasil poderá se beneficiar muito economicamente através da exportação de matéria prima e até mesmo o próprio BioQAV. (CORTEZ et al., 2014).

A imagem abaixo pode nos mostrar o potencial Brasileiro para expandir a plantação de matéria prima para produção de bioquerosene e outro combustíveis renováveis sem prejudicar a plantação de alimentos e áreas de proteção ambiental, o que pode ser muito difícil para outros países, visto o tamanho e localização territorial destes.

Como dito anteriormente no artigo, a grande área territorial Brasileira não é motivo para descartar a fiscalização e regulamentação durante toda a fase de produção dos biocombustíveis, incluído a fase de plantação, para assim garantir a sustentabilidade, que é o objetivo principal da implementação de combustíveis renováveis na aviação.



**Figura 5** - Uso da terra e área plantada com algumas matérias-primas de biocombustível no Brasil e potencial de expansão.

Fonte: (CORTEZ et al., 2014, p.55)

Como se vê, o Brasil tem experiência, capacidade e diversidade biológica inigualável para se destacar na nascente bioeconomia. Requer apenas que a infraestrutura de pesquisa e inovação, o ambiente regulatório e os investimentos privados sejam estimulados para que o país alcance o papel de destaque que lhe cabe, ser o maior produtor e exportador de biocombustíveis em nível mundial (LOPES, 2014).

Outro ponto positivo a respeito dos biocombustíveis é o desenvolvimento da bioindústria e consequentemente a economia Brasileira. De acordo com um levantamento da International Renewable Energy Agency (IRENA) os combustíveis alternativos, ocupam a segunda posição no ranking de energias sustentáveis que mais empregam no mundo. Segundo a IRENA o Brasil é o país que mais proporciona empregos na indústria mundial de biocombustíveis, com 783 mil vagas geradas em 2016 (IRENA, 2017).

Segundo Santos (2013), as vantagens econômicas geradas pelos biocombustíveis são particularmente perceptíveis no nível regional da economia. A ampliação dos biocombustíveis apresentou-se como uma importante política de desenvolvimento regional e setorial, sendo observada no aumento do PIB e do nível de emprego da maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste, especialmente nos setores agrícolas. “Em outras palavras, a política dos biocombustíveis tem impacto positivo na criação de empregos no campo”, desenvolvendo assim as regiões mais carentes de nosso país.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a projeção de crescimento do setor aéreo, junto com as metas impostas de redução de emissão de dióxido de carbono e a volatilidade dos preços do petróleo, pode-se concluir que a utilização de biocombustível na aviação, é a melhor opção para o futuro. Podemos observar em estudos apresentados no artigo, que os combustíveis aeronáuticos renováveis podem reduzir a emissão de gases de efeito estufa em até 80%.

A partir do que foi analisado e discutido, observou-se que o Brasil é referência mundial em energias renováveis, devido a sua experiência e capacidade de produção de fontes energéticas “limpas”. Com a crescente busca da indústria mundial da aviação por soluções que possam reduzir a emissão de dióxido de carbono o artigo mostra a grande oportunidade socioeconômica que o Brasil possui.

A produção de biocombustíveis ambientalmente sustentáveis é uma tarefa árdua pois adquirir a sustentabilidade vai além de uma qualificação social, é um processo que depende de critérios Internacionais, Nacionais e Regionais, porém, adequar-se a esses critérios é extremamente importante. O termo sustentabilidade apresenta um peso de valor para a sociedade e agrega apreço ao produto comercializado.

Além dos benefícios de sustentabilidade, a implementação de biocombustíveis na aviação comercial Brasileira, pode desenvolver economicamente cidades com potencial de produção de matéria prima, criando diversos empregos na área e lucrando com a venda dos mesmos. O Brasil possuindo grande área territorial poderá ser o maior produtor e fornecedor desta energia renovável que é considerada a energia do Futuro.

Como dissertado no artigo, para que o Brasil realmente implemente BioQAV no setor aéreo, será necessário investimentos por parte do governo, através de políticas públicas, para que se desenvolva tecnologias de refino, logística de distribuição e produção em larga escala. As tecnologias de refino identificadas como promissoras para atender o desenvolvimento do novo paradigma, exigem um longo prazo até possuir um “preço” oportuno para produção em grande escala e competir igualmente em questão econômica com o combustível fóssil.

Novas pesquisas são necessárias para tornar o processo viável economicamente, além de um maior interesse por parte do governo e empresas. Acredita-se que, após resolvidos os obstáculos iniciais e os problemas identificados, os biocombustíveis tem grande potencial de serem introduzidos gradativamente no mercado. Entende-se que não há como se afirmar se existe um único tipo de biocombustível viável. Todos podem ser viáveis, dependendo da região de cultivo e da correta integração entre todos os fatores científicos, tecnológicos, sociais, ambientais e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- AIREG (Alemanha). **CLIMATE PROTECTION AND SUSTENTABILITY**. 2018. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<http://aireg.de/en/home-en/>>. Acesso em: 26 maio 2019.
- ANP. **ANP Nº 63/2014: RESOLUÇÃO ANP Nº 63, DE 5.12.2014**. São Paulo: Anp, 2014. 8 p. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg%2Fresolucoes\\_anp%2F2014%2Fdezembro%2Ffranp%2063%20-%202014.xml](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg%2Fresolucoes_anp%2F2014%2Fdezembro%2Ffranp%2063%20-%202014.xml)>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- ANP. Anp (Org.). **ANP debate mudanças nas regras de combustíveis de aviação**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/noticias/4300-anp-debate-mudancas-nas-regras-de-combustiveis-de-aviacao>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- ATAG (Montreal). **Beginner’s guide to aviation biofuels**. 2009. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<https://www.atag.org/>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo; OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira de. **Oleaginosas e seus Óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande: Embrapa, 2008. 30 p. (DOCUMENTOS 201). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276836/1/DOC201.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2019.
- BIODISELBR (Org.). **Voo experimental da TAM com Bioquerosene é bem sucedido**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/voo-experimental-tam-bioquerosene-bem-sucedido-231110>>. Acesso em: 23 nov. 2010.
- BUENO, Marco A. F., HELENE, Maria Elisa Marcondes, NUNES, Edelci, GUIMARAES, Regina, PACHECO, Maria Raquel. **POLUENTES ATMOSFÉRICOS**. [s.i]: Scipione, 1994. 63 p. (PONTO DE APOIO).
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil (Df). **Brazil’s Action Plan on the reduction of Greenhouse Gas Emissions from aviation**. Brasília: Anac, 2013. 43 p. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/publicacoes/brazil\\_actionplan.pdf](http://www.anac.gov.br/publicacoes/brazil_actionplan.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- BRASIL. Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica (Org.). **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL**. 3. ed. Brasília: Tda, 2008. 236 p.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Org.). **ACORDO DE PARIS**. [2015]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAFs) Bioquerosene**. 26. ed. Brasília: MMA, 2017. 10 p. Disponível

- em:<<http://www.mme.gov.br/documents/10584/7948694/AGENTES+DA+CADEIA+AERONAUTICA+NO+BRASIL+-+Consulta++P%C3%BAblica++Renovabio.pdf/46cc4348-ecec-4558-b8d0-1f19c9ede845;jsessionid=80DD49E2B66A6D0FC56ECF8C527F12AA.srv154>>. Acesso em: 25 maio 2019.
- CGEE, (Brasília). Centro de gestão e estudos estratégicos, **Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios**. 8. ed. Brasília: CGEE, 2010. 55 p. (DOCUMENTOS TÉCNICOS).
- CEISE. **Combustível renovável ganha espaço na aviação nacional**. 2017. Disponível em: <<http://www.ceisebr.com/conteudo/combustivel-renovavel-ganha-espaco-na-aviacao-nacional-qqtqkn.html>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- COMMISSION, European. **2 million tons per year: a performing biofuels supply chain for EU aviation**. Brussels: Ec, 2011. 37 p. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911\\_a\\_performing\\_biofuels\\_supply\\_chain.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911_a_performing_biofuels_supply_chain.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2019.
- CORTEZ, Luis Augusto Barbosa, NIGRO, Francisco Emílio Baccaro, NASSAR, André M., CANTARELLA, Heitor, NOGUEIRA, Luiz Augusto horta, LEAL, Rodrigo Lima Verde, FRANCO, Telma Teixeira, **ROADMAP FOR SUSTAINABLE AVIATION BIOFUELS FOR BRAZIL: A Flightpath to Aviation Biofuels in Brazil**. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. 272 p. TRADUÇÃO NOSSA.
- EL PAÍS. **EMISSÕES GLOBAIS DE CO2 CRECEM E BATEM NOVO RECORDE: O dióxido de carbono procedente dos combustíveis e da indústria aumentou 2,7% este ano**. [Madri]: El País, 05 dez. 2018. Disponível em:<[https://brasil.elpais.com/brasil/2018/12/05/internacional/1544012893\\_919349.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2018/12/05/internacional/1544012893_919349.html)>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- FAPESP (São Paulo) (Ed.). **PLANO DE VOO PARA BIOCMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL: PLANO DE AÇÃ**. 5. ed. São Paulo: Fapesp, 2013. 60 p. Disponível em: <file:///C:/Users/jovfr/Desktop/plano-de-voo-biocombustiveis-brasil-pt.pdf>. Acesso em: 09 maio 2019.
- FAVELA. **International Market – Production and Demand for Aviation Fuels**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO, 6. 2012, Rio de Janeiro. Proceedings... Rio de Janeiro: Anp, 2012. p. 1 - 13. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60724>>. Acesso em: 23 abr. 2019.
- IATA (Montreal). Iata (Org.). **IATA Guidance Material for Sustainable Aviation Fuel Management**. 2. ed. Geneva: Iata, 2015. 37 p. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<https://www.iata.org/whatwedo/environment/Documents/IATA%20Guidance%20Material%20for%20SAF.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2019.
- IEA (Paris) (Org.) ... **Technology roadmap: biofuels for transport**. França: International Energy Agency, 2010. 56 p. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- IRENA (Org.). **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017**. Masdar City: International Renewable Energy Agency, 2017. 24 p. TRADUÇÃO NOSSA.
- JUSBRASIL. **Brasil precisa investir em bioquerosene para aviação, dizem especialistas**. [2017]. Disponível em: <<https://cd.jusbrasil.com.br/noticias/413375649/brasil-precisa-investir-em-bioquerosene-para-aviacao-dizem-especialistas>>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- KINDER, James D.; RAHMES, Timothy. **Evaluation of Bio-Derived Synthetic Paraffinic Kerosenes (Bio-SPK)**. [s.i]: Safug, 2009. 16 p. (Sustainable Biofuels Research & Technology Program). TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em: <<http://www.safug.org/assets/docs/biofuel-testing-summary.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- LOPES, Maurício Antônio (Org.). **O FUTURO É BIO**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/3428325/o-futuro-e-bio>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- MCFARLANE. **Toward sustainable aviation fuels**. 2015. TRADUÇÃO NOSSA. Disponível em:<[https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/toward\\_sustainable\\_aviation\\_fuels\\_report-web.pdf](https://www.climatesolutions.org/sites/default/files/uploads/toward_sustainable_aviation_fuels_report-web.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2019.
- RIBEIRO, Gustavo. **Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões**. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/brasil-e-apenas-um-espectador-no-avanco-dos-biocombustiveis-para-avioes-280319>>. Acesso em: 06 maio 2019.
- USP (Brasil). **Biocombustíveis para aviação**. 2013. Disponível em: <Biocombustíveis para aviação>. Acesso em: 9 maio 2019.
- VELÁZQUEZ, Ramón Stortini González; KUBOTANI, Rafael Toshimi; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González. **NOVOS COMBUSTÍVEIS PARA A AVIAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO**. 2012. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Upm, São Paulo, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/jovfr/Desktop/4269-20895-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- ....

---

# A utilização do FFS SHEFE como ferramenta de segurança de voo: estudo sobre o curso de piloto de aeronaves 2018

Antônio Ricardo Pinheiro Cintra<sup>1,2</sup>

1 1º Tenente de Infantaria. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras. Piloto de Aeronaves do Exército Brasileiro pelo CIAvEx.

2 [ricardo.cintra@outlook.com](mailto:ricardo.cintra@outlook.com)

---

**RESUMO:** Anualmente é realizado no Centro de Instrução de Aviação do Exército, sediado em Taubaté-SP o Curso de Piloto de Aeronaves (CPA), com o objetivo de formar os novos pilotos de helicópteros do Exército Brasileiro. O presente artigo, teve como objetivo estudar e verificar se, nesse curso, a utilização do simulador de voo SHEFE foi uma eficaz ferramenta para a segurança de voo, na transição de fase de estudos teóricos para a fase prática dos voos do CPA, em especial na ambientação da cabine e procedimentos iniciais de voo. Após uma introdução sobre a estrutura e funcionamento do curso, foi apresentada a estrutura da simulação de voo no CIAvEx e como foi desenvolvida a dinâmica de instrução com os simuladores de voo. Foram analisados os dados colhidos em um questionário, respondido por alunos concluintes do referido curso, e confrontados os dados referentes a suas avaliações, colhidos com os alunos concluintes. Ao final, na conclusão, buscou-se averiguar a importância do simulador FFS SHEFE para o início dos voos do CPA, com base na experiência transmitida pelos concluintes do curso e suas menções de voo, como ferramenta de segurança de voo por aumentar a consciência situacional do piloto aluno e sua familiaridade com a máquina.

**Palavras Chave:** Simulação de voo. Curso de Piloto de Aeronaves. Aviação do Exército.

## The utilization of the ffs shefe as a flight safety tool: a study about the aircraft pilots course 2018

**ABSTRACT:** Annually is held at the Army Aviation Instruction Center (Centro de Instrução de Aviação do Exército – CIAvEx), based in Taubaté-SP, the Aircraft Pilots Course, aiming to form the new Brazilian Army helicopters pilots. This article had the objective to study e verify if, in this course, the utilization of the flight simulator SHEFE (Simulador de Helicóptero Esquilo e Fennec) was an effective tool to flight safety, during the transition of theoretical studies phase to the practise flights phase. After an introduction about the structure and functioning of the course, was presented the structure of flight simulation at CIAvEx and how was developed the instruction dynamics with the flights simulators. Were analysed the data obtained in a questionnaire, answered by students who concluded the refered course, and confronted with the data referred of their own grades. In the end, at conclusion, sought to ascertain the importance of the flight simulator FFS SHEFE to the beginning of CPA flights, based on the experience transmitted by the concluding students and their flights grade, as a flight safety tool by increasing student pilot situational awareness and familiarity with the machine.

**Key words:** Flight Simulation 1. Aircraft Pilots Course 2. Army Aviation 3. Flight Instruction 4. Rotary Wings 5.

**Citação:** Cintra, ARP. (2019) A utilização do ffs shefe como ferramenta de segurança de voo: estudo sobre o curso de piloto de aeronaves 2018. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, Nº. 1, pp. 56-61

### 1 INTRODUÇÃO

A recriação da Aviação do Exército, no final da década de 1980, trouxe uma série de mudanças e inovações para o Exército Brasileiro. O aumento da mobilidade e capacidades de combate, apoio ao combate e apoio logísticos são evidentes, de modo que atualmente, o emprego da aviação em operações militares é fundamental para a condução das operações terrestres.

O emprego de aviação envolve uma série de condicionantes, traduzidas em três fatores principais: pessoal capacitado, material adequado e ambiente adequado para a operação, de acordo com os meios e a doutrina existentes. Para a formação e especialização do pessoal, o Exército Brasileiro possui o Centro de Instrução de Aviação do Exército – CIAvEx. Anualmente, o CIAvEx realiza diversos cursos e estágios, dentre eles, o Curso de Piloto de Aeronaves – CPA, que recebe, como alunos, oficiais formados na Academia Militar das Agulhas Negras após servirem por no mínimo dois anos em Organizações Militares dos Corpos de Tropa, formando-os Pilotos da Aviação do Exército.

Segundo a Portaria do Estado Maior do Exército nº 369, de 04 de setembro de 2017, o Curso de Piloto de Aeronaves tem por objetivo:

habilitar os militares a ocupar os cargos e desempenhar as funções de piloto de aeronaves da Aviação do Exército (AvEx), com habilitação nas aeronaves HA-1, no cumprimento de missões envolvendo a realização dos voos básico (diurno e noturno),

tático, com óculos de visão noturna (OVN), tiro com armamento aéreo e qualificação ao voo por instrumentos, obedecendo às prescrições das normas vigentes na AvEx.

Observa-se que o objetivo central do CPA, a formação de quadros para a condução de aeronaves do Exército Brasileiro, em missões administrativas e de combate, de maneira segura e de acordo com as normas vigentes, possui pouca semelhança com os conteúdos e disciplinas estudados na AMAN, bem como experiências vivenciadas nos corpos de tropa. Dessa forma, cria-se um ambiente totalmente novo e desconhecido para todos os discentes do curso que em poucos meses após o início das atividades do curso estarão iniciando suas atividades de voo na condução de aeronaves, e, em menos de um ano após o início dos voos, ao final do curso estarão aptos a conduzir a aeronave HA-1 em missões de emprego operacional, bem como realizar o voo tático nas demais aeronaves do Exército Brasileiro, respeitando o intervalo mínimo de 40 horas de voo no modelo de aeronave, previsto na Norma Operacional nº 05, do Comando de Aviação do Exército.

Assim sendo, diante da complexidade dos conteúdos estudados, bem como o ineditismo da atividade aérea para o oficial aluno, o presente trabalho buscou problematizar se: a utilização de simuladores de voo, antes do início dos voos reais permite uma melhor adaptação do aluno ao voo, principalmente nas inspeções iniciais, acionamento e corte da aeronave, contribuindo assim para a melhoria da segurança de voo?

Foram traçadas duas hipóteses para o questionamento central, sendo elas:

- 1) A utilização do simulador de voo da aeronave HA-1 possibilita uma maior familiarização do instruído com a cabine e os procedimentos na aeronave, o que aumenta a consciência situacional e a segurança de voo, prevenindo danos materiais e pessoais durante a instrução; e
- 2) A utilização do simulador de voo da aeronave HA-1 não interfere diretamente no desempenho do aluno do CPA, não interferindo diretamente na segurança de voo.

Para responder ao questionamento central, foi realizado um estudo documental e bibliográfico sobre o CPA 2018, simulação de voo e segurança de voo, bem como um questionário, que se encontra em anexo a este trabalho, através da ferramenta on-line *Google Forms* respondido de maneira voluntária e sem identificação por 7 (sete) dos 10 (dez) alunos concluintes do referido curso.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Em consonância com a nova portaria reguladora do Curso de Piloto de Aeronaves, em vigor a partir de 1º de Janeiro de 2018, iniciou-se no referido ano o CPA com duração de 64 semanas, nas quais o oficial aluno passou a ter contato com as disciplinas teóricas de Aerodinâmica, Mecânica, Estrutura e Sistemas da Aeronave Esquilo/Fennec, Motores e Propulsão, Conhecimentos Básicos de Aeronáutica – Meteorologia, Tráfego Aéreo, Informações Aeronáuticas e Segurança de Voo, Documentação Técnica, Manobras Práticas e Navegação Aérea, além das técnicas de Pilotagem com Óculos de Visão Noturna e Voo sob Regras de Instrumentos. Após aproximadamente cinco meses de instruções teóricas teve início a fase prática, composta pelos Estágios de Pilotagem Básica – Manobras Básicas e Emergências, Manobras de Emprego Geral e Navegação Aérea, Estágio de Pilotagem Sintética sob Regras IFR – Básico e Avançado, Estágio de Pilotagem com Óculos de Visão Noturna – Manobras Básicas e Táticas, e o Estágio Prático de Pilotagem Tática – Manobras Básicas, Pistas de Progressão, Maneabilidade da Fração de Helicópteros e Tiro de Armamento Aéreo.

Foram realizadas no ano de 2018 e no início do ano de 2019, aproximadamente 110 missões aéreas de ensino e consumidas aproximadamente 145 horas de voo por aluno concluinte. As missões aéreas envolveram em sua maior parte os voos reais, e em menor parte voos em simuladores de voo.

O Exército Brasileiro, por meio do Departamento de Ciência e Tecnologia, tem investido massivamente no uso de simuladores de voo, e dessa forma o CIAvEx possui, em sua Divisão de Simulação, cabines de simulação da aeronave HA-1. Os simuladores são de dois modelos, o FTD – *Flight Training Device*, composto por uma cabine estática da aeronave, com instrumentação semelhante à aeronave real e três telas em frente à cabine onde se projeta o ambiente exterior, e o FFS – *Full Flight Simulator*, composto por uma réplica fiel da aeronave, com cabine, displays e teclas funcionais, bem como a fiel reprodução dos movimentos da aeronave.

Segundo o Major Mendes, em artigo publicado na revista *Dédalo* (2017, p.6) cada simulador possui um grau de fidelidade, sendo 1 o realismo 100%, ou seja, a própria aeronave. Dessa forma, ele define o FTD como possuidor de um grau de fidelidade 0,5 e o FFS um grau de fidelidade 0,7, podendo variar para mais ou menos à depender da manobra ou treinamento. O simulador FFS utilizado no CIAvEx é conhecido SHEFE – Simulador de Helicóptero Esquilo e Fennec, e possibilita o movimento da cabine, bem como um ambiente de imersão, com visão total do ambiente a frente e em volta dos dois pilotos. Ambos os simuladores são destinados ao treinamento de voos de emergências, voos sob regras de instrumentos e adaptação aos voos com óculos de visão noturna.

A utilização dos simuladores de voo no Curso de Piloto de Aeronaves 2018 foi realizada em três momentos. Inicialmente foram realizados três voos de adaptação no FFS SHEFE, com duração de 0.7 hora de voo cada, onde foram realizados os procedimentos de inspeções antes da partida, acionamento, manobras de voo visual e o corte da aeronave. Posteriormente, após

o Estágio Prático de Pilotagem Básica, foi realizado o Estágio de Pilotagem Sintética de voo IFR, onde foram utilizados os simuladores FTD e FFS SHEFE, em 17 missões aéreas de ensino, totalizando aproximadamente 20 horas de voo, entre as fases básica e avançada do estágio, buscando ensinar ao aluno os procedimentos a serem realizados no voo IFR. Nesse intervalo, por ocasião da Viagem de Navegação do Curso, onde foi feita uma navegação visual entre Taubaté, SP e Salvador, BA, os recursos da Divisão de Simulação foram novamente utilizados para a preparação dos pilotos alunos e auxílio no planejamento, de forma a retificar ou ratificar o que havia sido feito diante das situações encontradas, totalizando aproximadamente 3.0 horas de voo por aluno no FTD.

Com a realização dos voos de adaptação no SHEFE, foi feito um questionário sobre a eficácia dos voos, bem como a visão do aluno sobre o SHEFE, para a transição da fase teórica para a fase prática dos voos. Os dados coletados foram os seguintes:

- 1) Para 100% dos entrevistados, os voos do CPA eram a primeira oportunidade de pilotar uma aeronave real;
- 2) 71,4% responderam que, apenas com as instruções teóricas, não conseguiam entender e visualizar com clareza os procedimentos e reações que aconteceriam durante o acionamento da aeronave;
- 3) 57,1% responderam que, mesmo após as instruções de inspeções e cheques da aeronave e as “horas de nacele” – tempo em que o aluno realiza seu estudo na cabine da aeronave, buscando compreender e visualizar todos os recursos disponíveis na cabine - ainda tinham dúvidas sobre os procedimentos e reações da aeronave durante seu acionamento;
- 4) Para 85,7% dos alunos, os voos de adaptação no FFS SHEFE permitiram a compreensão das reações da tripulação e da aeronave durante seu acionamento; e
- 5) 100% dos alunos responderam que, após os voos simulados no FFS SHEFE, sentiam-se mais preparados para o primeiro voo real.

Em relação do FFS SHEFE, foram realizadas no mesmo questionário perguntas específicas, sobre sua fidelidade aos procedimentos reais, na visão dos alunos, sendo as respostas as seguintes:

- 1) Para 85,7% dos alunos, o FFS SHEFE permite a simulação dos procedimentos a serem realizados por ocasião do voo real, bem como as reações da aeronave, tais como: luzes de alarme, sons emitidos etc.
- 2) Em uma escala de 1 a 5 sobre o realismo do FFS SHEFE, onde 5 é muito real e 1 é pouco real, os alunos responderam que:
  - a. Quanto as teclas do console central e do painel da cabine do SHEFE, luzes de alarme da cabine e informações dos displays de voo, todos os alunos responderam que apresentam realismo entre 4 e 5;
  - b. Quanto aos alarmes sonoros da cabine do SHEFE, 85,7% responderam que apresentam realismo entre 4 e 5;
  - c. Quanto ao acionamento propriamente dito, 61,4% responderam que apreseta realismo entre 4 e 5;

Quando perguntados sobre o grau de importância que os voos de adaptação no FFS SHEFE tiveram para o sucesso no voo real, em uma escala de 1 a 5, 57,1% dos alunos responderam 5, e 42,9% responderam 4, com todos os alunos considerando assim o FFS SHEFE importante para o sucesso no voo real.

A última pergunta do questionário, foi sobre a afirmação de que o FFS SHEFE possibilita um aumento da consciência situacional do Piloto Aluno – PA, sobre os procedimentos a serem realizados nas inspeções, cheques e partida da aeronave AS-550 Fennec AvEx, contribuindo assim para o aumento da confiança da PA, e aumentando assim a segurança de voo. Em uma escala de concordância com a afirmação de 1 a 10, 85,7% responderam entre 9 e 10, e 14,3% responderam 8, o que evidencia que os alunos concludentes do CPA 2018 concordam com a afirmação acima.

De acordo com os resultados obtidos através do questionário, buscou-se confrontar as respostas com o desempenho dos alunos durante as missões aéreas de instrução. Assim sendo, observou-se que, dos 13 oficiais alunos que iniciaram o CPA-2018, apenas 1 (um) obteve uma menção R pelos procedimentos de inspeções, checks, e partida, e nenhum obteve menção I, até a missão CPA-07, ao fim da qual o piloto-aluno está proficiente nas referidas manobras. Dessa forma, é possível inferir que a adaptação à aeronave real transcorreu sem grandes problemas, após os voos de adaptação no FFS SHEFE.

Após o voo CPA-07, até o voo CPA-110, foram registradas 6 menções I e 3 menções R relacionadas ao procedimento de inspeções, checks e partida, o que gerou um total de 6 fichas de voo insuficiente – FVI, correspondente a 12,24% das FVI, que totalizaram 49 preenchidas por instrutores aos alunos do CPA. Cabe ressaltar que todas as FVI e menções R mencionadas neste parágrafo tiveram como cenário outras fases do curso, em que fatores ligados ao piloto-aluno, que não a falta de experiência, familiaridade e conhecimento sobre a máquina tiveram influência.

Dessa forma, ao se verificar as respostas dos alunos e as menções de voo registradas nas fichas, em especial durante a fase inicial do voo, onde o aluno ainda não é proficiente em nenhuma manobra e não possui grande afinidade com a aeronave, observa-se que a utilização do FFS SHEFE permitiu o aumento da consciência situacional dos pilotos alunos. É possível relacionar a realização dos voos de adaptação no simulador de voo com a aquisição de familiaridade aos procedimentos para o acionamento da aeronave pelos pilotos alunos, sendo estas as primeiras manobras avaliadas durante o curso, e, fundamentais para o prosseguimento do voo, contribuindo assim para a segurança de voo dos voos de instrução com o Curso de Piloto de Aeronaves.

A utilização do simulador de voo é algo inovador, que vem a reduzir os custos e os riscos de diversas atividades, tais como treinamentos de algumas manobras de emergência, voo sob regras IFR onde permite criar condições desfavoráveis em um ambiente controlado e a adaptação ao voo com OVN. A utilização durante a transição da fase teórica para as fases práticas do Curso de Piloto de Aeronaves, permite uma maior familiarização do aluno, o que possibilita mais uma forma da utilização do simulador de voo, que assim permite um aumento da segurança de voo através da preservação de material e pessoal, pois permite ao piloto-aluno conhecer os procedimentos que irá realizar na aeronave, com alto grau de realismo.

Dessa forma, há evidências que a utilização do simulador de voo da aeronave HA-1 possibilita uma maior familiarização do instruendo com a cabine e os procedimentos na aeronave, o que aumenta a consciência situacional e a segurança de voo, prevenindo danos materiais e pessoais durante a instrução, conforme elencado na primeira hipótese deste trabalho. Assim sendo, os voos de adaptação no FFS SHEFE permitem um grande aumento na segurança de voo e na consciência situacional dos pilotos-alunos, permitindo-os a execução das manobras iniciais com melhor aproveitamento, evitando surpresas com as reações da aeronave, seus movimentos, luzes e sons emitidos, sendo então o FFS SHEFE uma ferramenta valiosa na promoção da segurança de voo no Curso de Piloto de Aeronaves.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. **Adaptação ao voo em simulador de helicópteros Esquilo e Fenec (SHEFE):** Programa de Treinamento para o Curso de Piloto de Aeronaves 2018. Taubaté: CIAvEx, 2018.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **MD33-M-02:** Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas. 3. ed. Brasília, 2008.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Centro de Instrução de Aviação do Exército: **Histórico.** Disponível em: <<http://www.ciavex.eb.mil.br/index.php/historico>>. Acesso em 17 de setembro de 2018.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **IP 1-1:** O Emprego da Aviação do Exército. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2000.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **Norma Operacional do CAvEx:** Níveis operacionais, requisitos e funções para tripulantes na Aviação do Exército – Nop/CAvEx 05. Taubaté: CAvEx, 2017.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **NCSA 3-3:** Gestão da Segurança de Voo na Aviação Brasileira. 1. ed. Brasília: Comando da Força Aérea, 2013.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Portaria Nº 369-EME, de 04 de setembro de 2017. **Aprova as Instruções Reguladoras para a Inscrição, a Seleção e a Matrícula nos Cursos e Estágios Gerais do Centro de Instrução de Aviação do Exército (IRISM/CIAvEx EB60-IR38.001).** Brasília: EGGCF, 2015.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Portaria Nº 369-EME, de 04 de setembro de 2017. **Regula o Curso de Piloto de Aeronaves (CPA).** Brasília: EGGCF, 2017.
- DefesaNet. Site: **CIAvEx inaugura Simulador de Helicóptero para treinamento de tripulações.** 04 de agosto de 2016. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23141/CIAvEx-inaugura-Simulador-de-Helicoptero-para-treinamento-de-tripulacoes-/>>. Acesso em 08 de abril de 2019.
- MENDES, Rodrigo de Souza. Videogame ou Simulador? **Revista Dédalo**, Taubaté-SP, Ano XX, 20ª Edição, p.6, outubro 2017
- ....

## APÊNDICE

### Questionário respondido pelos alunos do CPA 2018

#### A Utilização do SHEFE no CPA 2018

Esse questionário tem como finalidade fornecer dados para o estudo sobre "A utilização do simulador SHEFE no CPA 2018 como promotor da segurança de voo". As perguntas a seguir se referem aos voos de adaptação realizados antes do voo CPA-01, onde se pretende verificar qual o efeito do SHEFE na ambientação do Piloto-Aluno à cabine da aeronave AS-550 Fenec AvEx.

\* Resposta Obrigatória

**O senhor já havia pilotado alguma aeronave real? \***

( ) Sim

( ) Não

**Durante as instruções teóricas, o senhor conseguia entender com clareza os procedimentos e reações que aconteceriam durante o acionamento da aeronave? \***

( ) Sim

Não

Outra opção

**Nas instruções de inspeções e cheques da aeronave, e posteriormente nas horas de nacele, o senhor conseguiu entender com clareza os procedimentos e reações que aconteceriam durante o acionamento da aeronave? \***

Sim

Não

Outra opção

**Com o FFS SHEFE, o senhor acredita que entendeu os procedimentos e reações que aconteceriam durante o acionamento da aeronave? \***

Sim

Não

Outra opção

**O senhor acredita que após os voos de simulação no FFS SHEFE estava mais preparado para o voo real? \***

Sim

Não

Outra opção

**Sobre o SHEFE, o senhor acredita que permite a simulação dos procedimentos a serem realizados por ocasião do voo real, bem como as reações da aeronave (luzes, gong, etc.)? \***

Sim

Não

Outra opção

**Na sua opinião, em uma escala de 1 a 5, qual o grau de realismo das teclas do console central e do painel na cabine do SHEFE: \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Na sua opinião, em uma escala de 1 a 5, qual o grau de realismo das luzes de alarme da cabine do SHEFE? \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Na sua opinião, em uma escala de 1 a 5, qual o grau de realismo das CDU da cabine do SHEFE? \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Na sua opinião, em uma escala de 1 a 5, qual o grau de realismo dos alarmes sonoros da cabine do SHEFE? \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Na sua opinião, em uma escala de 1 a 5, qual o grau de realismo do acionamento propriamente dito da aeronave no SHEFE: \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Na sua opinião, qual o grau de importância que tiveram os voos de instrução no SHEFE para o sucesso no voo real? \***

Pouco realista

Muito realista

1 2 3 4 5

**Por último, em uma escala de 0 a 10, o senhor concorda que o SHEFE possibilita um aumento da consciência situacional do Piloto-Aluno sobre os procedimentos a serem realizados durante as inspeções, cheques e partida da aeronave AS-550 Fennec Avex, contribuindo assim para o aumento confiança do PA, e aumentando assim a segurança de voo? \***

Discordo Totalmente

Concordo Totalmente

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



---

# Benefícios da utilização da plataforma Open Street Map – OSM no planejamento de navegações aéreas militares à baixa altura

Ulisses Guidone<sup>1,2</sup>

1 Instrutor de Voo na Academia da Força Aérea (T-27 Tucano) e Piloto de Asas Rotativas (UH-1H Huey e H-50 Esquilo).

2 [ulisses.guidone@gmail.com](mailto:ulisses.guidone@gmail.com)

---

**RESUMO:** O treinamento de Navegação Aérea a Baixa Altura - NBA expõe piloto e a aeronave a riscos muito particulares de colisão com o terreno e com os obstáculos no solo. Este artigo apresenta uma solução simples e viável para que os pilotos em treinamento possam incrementar as informações sobre linhas de alta tensão e torres de comunicação no mapa de navegação confeccionado no PMA II.

**Palavras Chave:** PMA II. Navegação Aérea a Baixa Altura. Mapa de Risco. Colisão em voo com Obstáculo.

## Mitigating the risk of collision with obstacles in low-height navigation planning

**ABSTRACT:** The Low Altitude Navigation exposes the pilot and the aircraft to a very specific risk of collision with terrain or other obstacles. This article intends to provide a simple and viable solution to improve the information about power lines and towers in their navigation maps.

**Key words:** PMA II, Low Altitude Navigation, Risk Map, Flight Collision.

**Citação:** Guidone, U. (2019) Benefícios da utilização da plataforma open street map – osm no planejamento de navegações aéreas militares a baixa altura. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N°. 1, pp. 62-64.

## 1 INTRODUÇÃO

A navegação aérea a baixa altura – NBA é uma ferramenta indispensável a uma Força Aérea que se propõe a atacar alvos de maneira furtiva. Além disso, considerando o desenvolvimento das armas antiaéreas de curto e médio alcance, voar baixo se traduz em menor exposição do atacante, utilizando o terreno em seu favor. Visando manter a doutrina e a capacidade de realizar a NBA, alguns Esquadrões da Força Aérea Brasileira - FAB enfrentam o dilema do custo versus benefício desse treinamento, uma vez que esse tipo de voo aumenta significativamente os riscos de colisão com linhas de transmissão e torres. Este artigo propõe uma solução simples, viável e sem custos, para que cada Unidade da FAB tenha seu mapa de risco atualizado e possa planejar seus treinamentos considerando tais objetos.

## 2 DISCUSSÃO

A FAB possui um versátil sistema de Planejamento de Missões Aéreas - PMA II. Esse sistema “é utilizado para planejar atividades de voo, em missões conjuntas, manobras ou ações rotineiras. O software também serve para realizar debriefings após o voo, como, por exemplo, validar o resultado de um combate”<sup>1</sup>.

O PMA possui uma base de dados cartográficos que inclui cartas de navegação aérea nas escalas de 1:1.000.000, 1:500.000 e 1:250.000, sendo a última a carta mais utilizada por pilotos militares. Há também cartas com escala 1:50.000 e 1:25.000, utilizadas para navegação de contorno ou navegação noturna com óculos de visão noturna – OVN, que podem ser incluídas pelo próprio usuário do sistema.

Apesar da excelente capacidade para o planejamento de missões, o sistema não possui um banco de dados de objetos, que podem se tornar obstáculos em uma navegação a baixa altura. Essa lacuna de informação impõe o aumento do risco às missões de treinamento realizadas pela FAB, e custa caro quando contribui para perda de aeronaves e vidas humanas.

Considerando que as informações sobre o posicionamento das linhas de transmissão e torres são extremamente relevantes na fase de planejamento de uma missão de NBA, alguns Esquadrões se dispõem a voar na rota de interesse em altitude de segurança com o objetivo de identificar os elementos faltantes nas cartas que podem interferir na segurança do treinamento. A boa iniciativa, porém, fica limitada à capacidade de observação e às estimativas de cada tripulação que não podem prever todas as possibilidades e desvios de uma missão.

Face o exposto, define-se o problema central da discussão que é a elaboração do mapa de risco atualizado e confiável para as missões de navegação à baixa altura.

Na busca por informações atualizadas e confiáveis sobre antenas e linhas de transmissão e demais objetos, a plataforma Open Street Map – OSM se mostrou a mais adequada. “O OSM é um mapa editável de todo o mundo que foi feito a partir do zero por voluntários e disponibilizado sob uma licença livre”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.aer.mil.br/noticias/mostra/22164/TECNOLOGIA%20-%20Sistema%20usado%20para%20planejar%20miss%C3%B5es%20a%C3%A9reas%20na%20FAB%20ganha%20novos%20recursos> acessado em 22/12/2018 às 20:50 horas.

<sup>2</sup> Disponível em: [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:About\\_OpenStreetMap](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:About_OpenStreetMap) acessado em 23/12/2018 às 13:15 horas.

Existem mais de 5 milhões de usuários cadastrados na plataforma e, no Brasil, destaca-se organizações como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes -DNIT, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio e o Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro – BDGEx.

O OSM também se mostrou viável por ser editável pelo usuário individual, ou seja, qualquer pessoa que observe um erro ou queira acrescentar uma nova informação no mapa, pode fazê-lo.

Dessa forma, uma vez que temos a plataforma de planejamento de missões áreas e as informações sobre torres e linhas de transmissão disponíveis, seria necessário viabilizar a conversão dos dados de uma para a outra, para que pudesse ser utilizada no planejamento das missões de NBA.

Isso é possível graças à funcionalidade de carregamento de *shapefile* que o PMA disponibiliza. É provável que haja outras maneiras de se obter a conversão dos dados, mas a criação de um arquivo SHP é a proposta desse artigo.

### 3 OBTENDO OS DADOS

O programa de recursos abertos QGIS é um sistema de informações geográficas que suporta a visualização e edição de dados geoespaciais. Com esse programa é possível visualizar todos os dados da plataforma OSM, selecionar apenas as informações de interesse e exportar um arquivo SHP amigável à plataforma de PMA II.

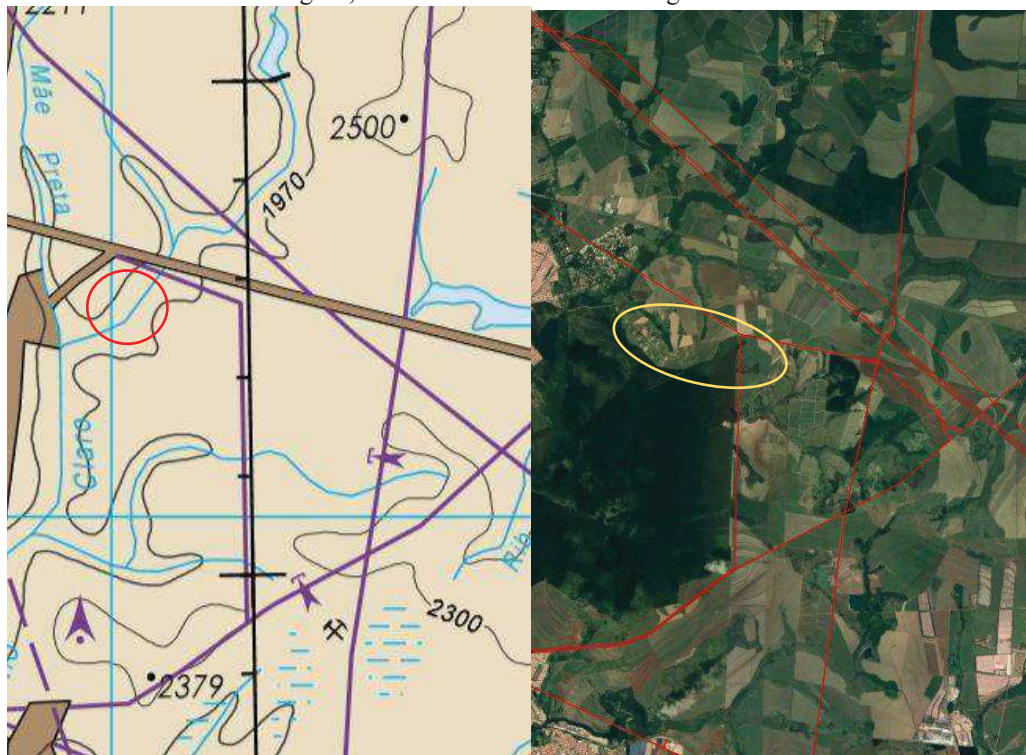
### 4 QUALIDADE DOS DADOS

Considerando que a solução proposta foi testada e sua aplicação é viável, ainda resta saber se os dados apresentados na plataforma OSM são corretos e confiáveis.

Como os usuários podem modificar o mapa, poderia se questionar se a base de dados é atualizada ou se poderia ser frágil e incorreta. Contudo, através de uma análise aproximada, comparando imagens de satélite, Cartas de Pilotagem e o próprio conhecimento do usuário, é possível confirmar a correção das informações.

O Brasil possui 399 Cartas Aeronáuticas de Pilotagem – CAP publicadas<sup>3</sup>, cuja última atualização data de 2014 e abrangeu apenas 20 cartas. Essas cartas se destacam das mais antigas por serem ricas em informações sobre linhas de alta tensão. Contudo, devido à escala gráfica, não representam torres de comunicação/telefonia móvel mais baixas. Ainda que representassem, dificilmente seria possível publicar as atualizações na velocidade em que as torres de celulares são instaladas.

A figura abaixo é um exemplo das questões ora discutidas. A imagem da esquerda foi extraída de uma CAP, atualizada em 2014, e possui boas representações das linhas de transmissão. Porém, quando aplicamos a camada extraída do OSM sobre o Google Earth na imagem da direita, observamos com maior riqueza de detalhes as informações de linhas de transição. Dessa forma, havendo inconsistência entre as duas imagens, o OSM se revela mais fidedigno.



**Figura 1** – Comparação de divergência entre linha de transmissão de energia plotada na CAP 9487 (esquerda) e linha de transmissão de energia plotada na plataforma OSM sobreposta no Google Earth (direita).

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas&p=visuais> acessado em 07/02/2019 às 19:28 horas.

## 5 OBTENDO AS INFORMAÇÕES

Para obter as informações da Plataforma OSM, recomenda-se a utilização do site <https://overpass-turbo.eu/>, onde é possível obter os dados de maneira rápida e seletiva. Para o usuário leigo, segue o passo a passo:

1. abrir o link do site;
2. executar a seguinte consulta para as torres:

```
[out:json];
{{geocodeArea:brazil}}->.searchArea;
(
  node["man_made"="tower"](area.searchArea);
  way["man_made"="tower"](area.searchArea);
  relation["man_made"="tower"](area.searchArea);
);
out body;
>;
out skel qt;
```

3. Exportar no formato desejado.
4. Para converter o arquivo em *Shapefile* recomenda-se a utilização do software QGis<sup>4</sup>, cuja utilização não será aprofundada devido à grande disponibilidade de tutoriais.

Para as linhas de transmissão, o processo é o mesmo após a seguinte consulta ser executada:

```
[out:json];
{{geocodeArea:brazil}}->.searchArea;
(
  way["power"="line"](area.searchArea);
);
out body;
>;
out skel qt;
```

## 6 CONCLUSÃO

A importância do voo a baixa altura no teatro de operações militar é indiscutível. A possibilidade de usar o relevo em favor do atacante, torna esse tipo de voo necessário em um ambiente hostil. Apesar da importância de treinar esse tipo de voo, nada justifica que, em tempos de paz, ocorra a perda de uma vida humana em decorrência da falta de informações sobre obstáculos na fase de planejamento. Além disso, se considerarmos os prejuízos financeiros que a perda de uma aeronave impõe ao erário, o risco assumido em treinamento também não se mostra razoável.

Considerando a exposição sobre o tema, de fato, a possibilidade de comparar as informações das cartas de navegação com dados georreferenciados sobrepostos se torna atrativa para o planejamento de missões de NBA. Além disso, sendo a plataforma contributiva, cada Unidade Aérea poderia, de acordo com seu interesse e necessidade, se dedicar às áreas específicas onde pretende operar.

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/> acessado em 07/02/2019 às 17:00 horas.

---

# Dificuldades em serviço na aviação civil brasileira – panorama de 2018

Rogério Possi Junior<sup>1,2</sup>

1 Rogério Possi Junior – Especialista em Regulação de Aviação Civil, Superintendência de Aeronavegabilidade (SAR) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

2 rogerio.possi@anac.gov.br

---

**RESUMO:** Neste trabalho, apresenta-se o resumo dos eventos de dificuldades em serviço de 2018, que foram comunicados a Agência Nacional de Aviação Civil por operadores, organizações de manutenção de produto aeronáutico e fabricantes de produtos aeronáuticos. Após identificar-se os requisitos regulamentares associando a necessidade do envio dos relatórios com o tipo de certificação da organização, apresentam-se os dados submetidos por estas. Os dados são mostrados de acordo com o mês apresentado, o tipo da organização, o tipo de operação, a fase de operação, a tecnologia envolvida, a certificação do produto e o programa associado. Por fim, mostra-se a evolução da frota brasileira de aeronaves comparando-a com os relatórios recebidos entre 2009 e 2018.

**Palavras Chave:** Aeronavegabilidade. Dificuldades em serviço. Segurança de voo.

## In service difficulties – summary of 2018.

**ABSTRACT:** In this paper, we present a summary of in service difficulties events in 2018, which were communicated to the National Agency of Civil Aviation by operators, maintenance organizations of aeronautical product and aircraft manufacturers. After identifying the regulatory requirements involving the need to send the reports with the type of organization certification, we present the data submitted by them. The data are shown in accordance with the reported month, the kind of organization, the operation type, the operation phase, the involved technology, the product certification and the associated program. Finally, the evolution of the Brazilian aircraft fleet is shown, comparing it with the reports received between 2009 and 2018.

**Key words:** Airworthiness. In service difficulties. Flight safety.

**Citação:** Junior, RP. (2019) Dificuldades em serviço na aviação civil brasileira – panorama de 2018. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 10, N°. 1, pp. 65-101.

## 1 INTRODUÇÃO

Como parte de suas atribuições, uma Autoridade de Aviação Civil (AAC) possui a incumbência de determinar os padrões e requisitos aplicáveis para o projeto e construção de aeronaves civis. Estes padrões e requisitos compõem os regulamentos de aeronavegabilidade (De Florio, 2011).

Aeronavegabilidade consiste em uma propriedade de um sistema particular - um sistema aéreo – em que tal sistema possui a habilidade de atingir, manter e terminar um voo de forma segura de acordo com sua utilização e seus limites (DOD, 2014).

Desta forma, a certificação de aeronavegabilidade consiste na implementação de um processo contínuo para verificar se aquele sistema aéreo se mantém seguro e operando dentro de limitações operacionais estabelecidas. Sendo assim, para a manutenção de uma certificação de aeronavegabilidade, este sistema deve estar de acordo com o seu projeto de tipo e em condição de operação segura (DOD, 2014).

Tendo em vista a incumbência da AAC de estabelecer padrões relativos as operações destes sistemas aéreos, particularmente na aviação civil tem-se certos requisitos que visam o monitoramento contínuo das aeronaves para que as premissas adotadas durante suas certificações possam ser verificadas.

Um dos processos que permite verificar a validade das hipóteses adotadas na certificação do projeto de tipo é o Sistema de Dificuldades em Serviço.

De acordo com a Instrução Suplementar (IS) N° 00-001B, o Sistema de Dificuldades em Serviço é aquele responsável por assegurar que as informações relativas a falhas, mau funcionamento ou defeito em qualquer produto aeronáutico sejam apropriadamente coletadas, analisadas e processadas, incluindo-se os casos de acidentes e incidentes aeronáuticos, quando aplicável (ANAC, 2018).

## 2 METODOLOGIA

A fonte de dados utilizada é o sistema de comunicação de eventos de Dificuldades em Serviço (*Service Difficulties Report* – SDR) da Agência Nacional de Aviação Civil (<https://sistemas.anac.gov.br/SACI/Login.asp>). O espaço amostral analisado consiste no conjunto dos 563 relatórios submetidos no ano de 2018, que foram separados de acordo com os seguintes critérios:

- a) Incidência mensal.
- b) Tipo de certificação da organização que submete o relatório.
- c) Classificação da operação na qual o evento foi reportado.
- d) Classificação da fase de operação na qual o evento foi reportado.

- e) Código ATA associado ao evento.
- f) Regulamentos de Aeronavegabilidade associados e Programas Certificados (alguns exemplos).

### 3 SISTEMA DE DIFICULDADES EM SERVIÇO

Uma vez definido o sistema, é necessário identificar os requisitos regulamentares associados. Desta forma tem-se a seção 21.3 do RBAC 21 (ANAC, 2015) para os fabricantes de produtos aeronáuticos, as seções 135.415 do RBAC 135 (ANAC, 2014b) ou a seção 121.703 do RBAC 121 (ANAC, 2014a) para os operadores de aeronaves, conforme aplicável; e a seção 145.221 do RBAC 145 (ANAC, 2014c), para as organizações de manutenção de produto aeronáutico.

Observa-se que tais requisitos são aderentes as práticas e padrões recomendados relativos a aeronavegabilidade e operações constantes nos Anexos 6 (ICAO, 2010a) e 8 (ICAO, 2010b) da *International Civil Aviation Organization* (ICAO). Certos eventos associados a aeronavegabilidade do produto ou sua interface com a operação são de interesse da AAC, pois auxiliam o monitoramento do produto certificado (Figura 1).

Além disso, existe uma ordem para a comunicação destes dados, dependendo da natureza da organização (Figura 2). A IS 00-001B possui o detalhamento relativo ao requerido pelos regulamentos acima, quanto a comunicação dos eventos de dificuldades em serviço (ANAC, 2018).

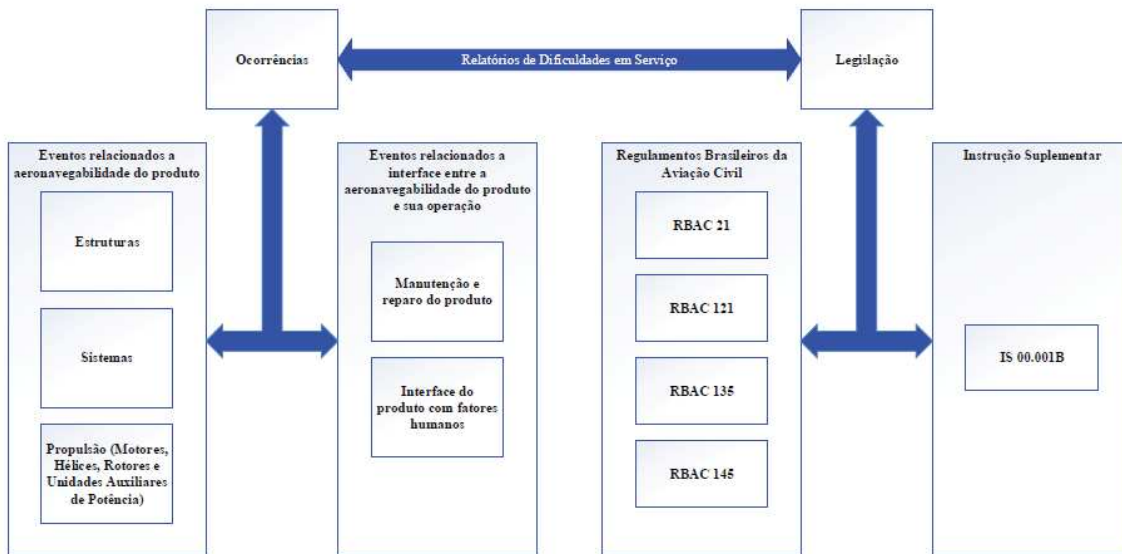


Figura 1 – Ilustração do fluxo de dados entre as diferentes organizações.

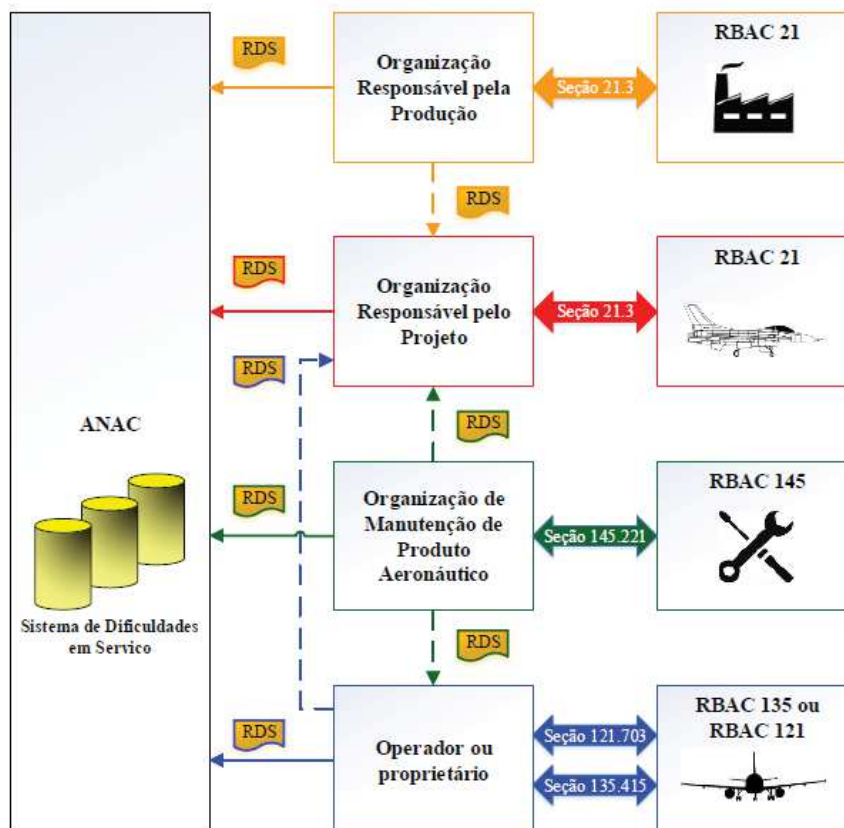


Figura 2 – Ilustração do fluxo de dados entre as diferentes organizações (Possi, 2016).

#### 4 OCORRÊNCIAS – PANORAMA GERAL

Desta forma, apresenta-se a seguir um resumo dos relatórios submetidos a ANAC, relativo ao ano de 2018.

##### 4.1 INCIDÊNCIA MENSAL

A Figura 3 apresenta a evolução mensal dos relatórios enviados por organizações detentoras de projeto de tipo, por empresas aéreas e por organizações de manutenção de produto aeronáutico, onde é observado a inexistência de relatórios oriundos das organizações de manutenção.

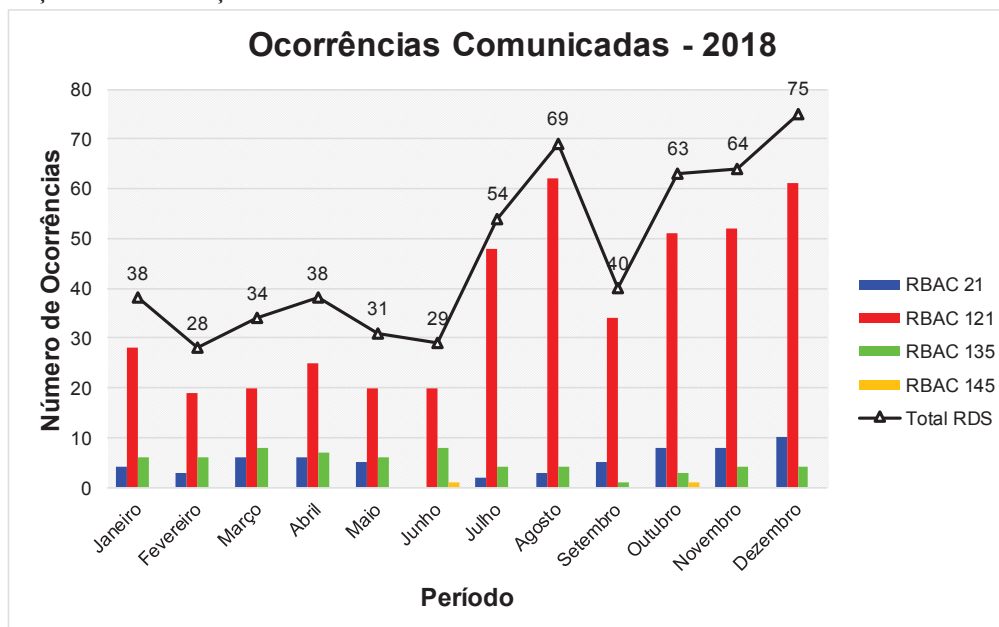


Figura 3 - Relatórios enviados (ANAC, 2019)

##### 4.2 INCIDÊNCIA DOS RELATÓRIOS RECEBIDOS RELATIVA À CERTIFICAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO REGULADA

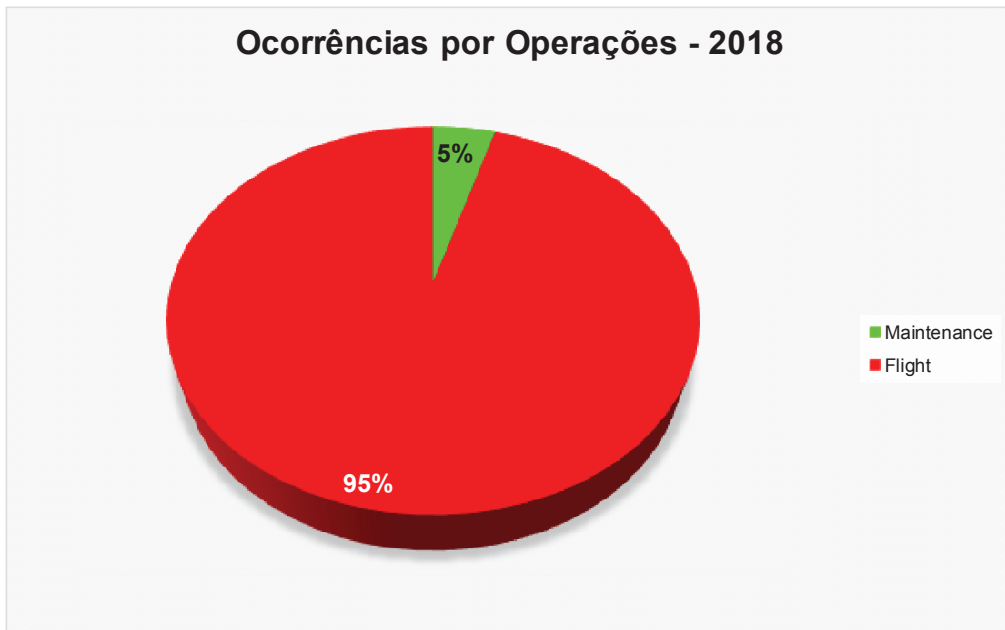
A Figura 4 ilustra o percentual de relatórios enviados de acordo com a certificação das empresas que os submeteram durante 2018. Nota-se que a maioria dos relatórios tem origem em empresas aéreas regidas pelo RBAC 121.



Figura 4 - Relatórios enviados por certificação (ANAC, 2019)

##### 4.3 INCIDÊNCIA DOS RELATÓRIOS RECEBIDOS RELATIVA AO TIPO DE OPERAÇÃO

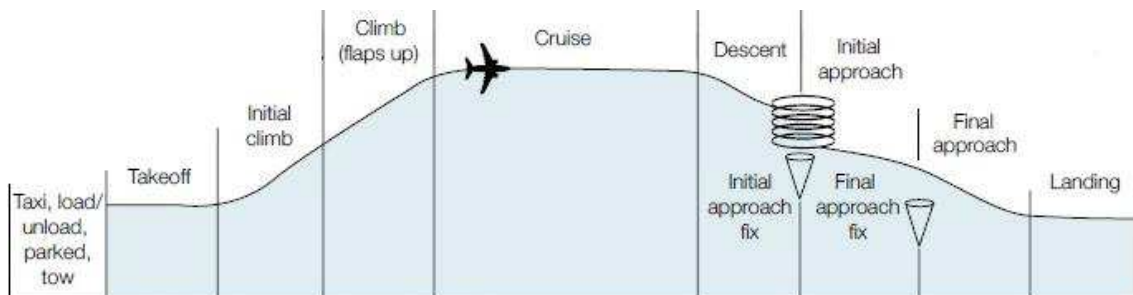
A Figura 5 apresenta o percentual de relatórios enviados de acordo com o tipo de operação, ou seja, o percentual de relatórios oriundos das operações de voo e das operações de manutenção. Nota-se que a grande quantidade dos relatórios tem origem nas operações de voo.



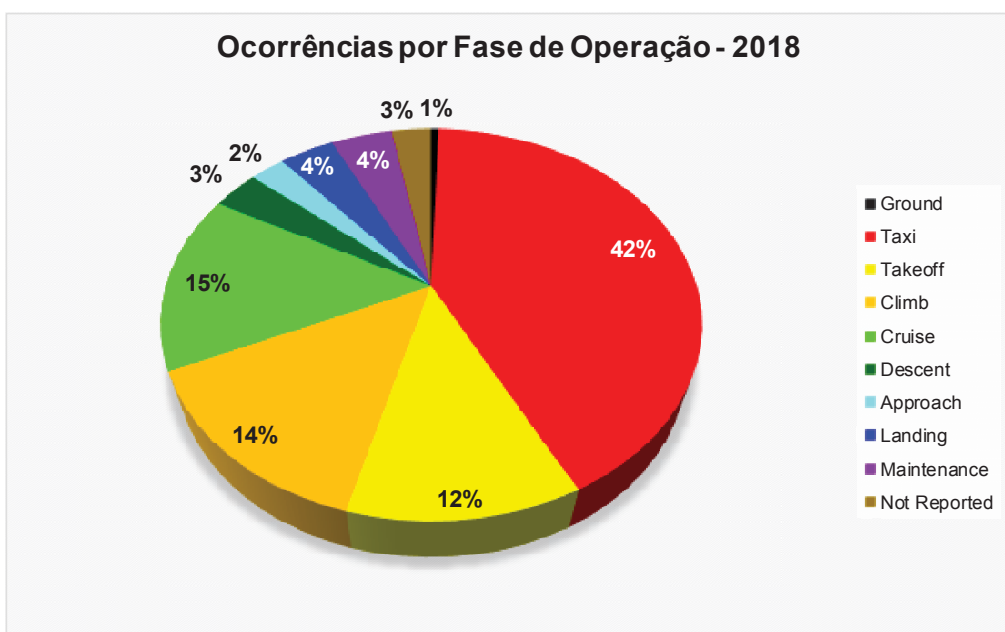
**Figura 5** – Ocorrências recebidas por operação – percentual (ANAC, 2019)

4.4 INCIDÊNCIA DOS RELATÓRIOS RECEBIDOS RELATIVA À FASE DE OPERAÇÃO

As Figuras 6, 7a e 7b ilustram as fases de operação em que ocorreram os eventos reportados em dados percentuais e absolutos, respectivamente. Pelos dados de campo, nota-se que a maioria dos eventos ocorreram durante as etapas de *Climb*, *Cruise* e *Takeoff*.



**Figura 6** – Fases de Operação (adaptado de Boeing, 2015).



**Figura 7a** – Ocorrências recebidas por fase de operação – percentual (ANAC, 2019).



Figura 7b – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto (ANAC, 2019).

## 5 OCORRÊNCIAS - RELATÓRIOS CLASSIFICADOS DE ACORDO COM O SISTEMA DA AIR TRANSPORTATION ASSOCIATION (ATA) 2200

Apresenta-se a compilação dos relatórios de dificuldades em serviço de 2018 classificados de acordo com os sistemas que integram as aeronaves e que estão classificados de acordo com o sistema ATA 2200.

Diferente dos anos anteriores, apresentam-se os dados classificados pelo código ATA para as aeronaves certificadas pelos RBAC 23, 25 e 29, respectivamente; conforme as Figuras 8a, 8b e 8c.

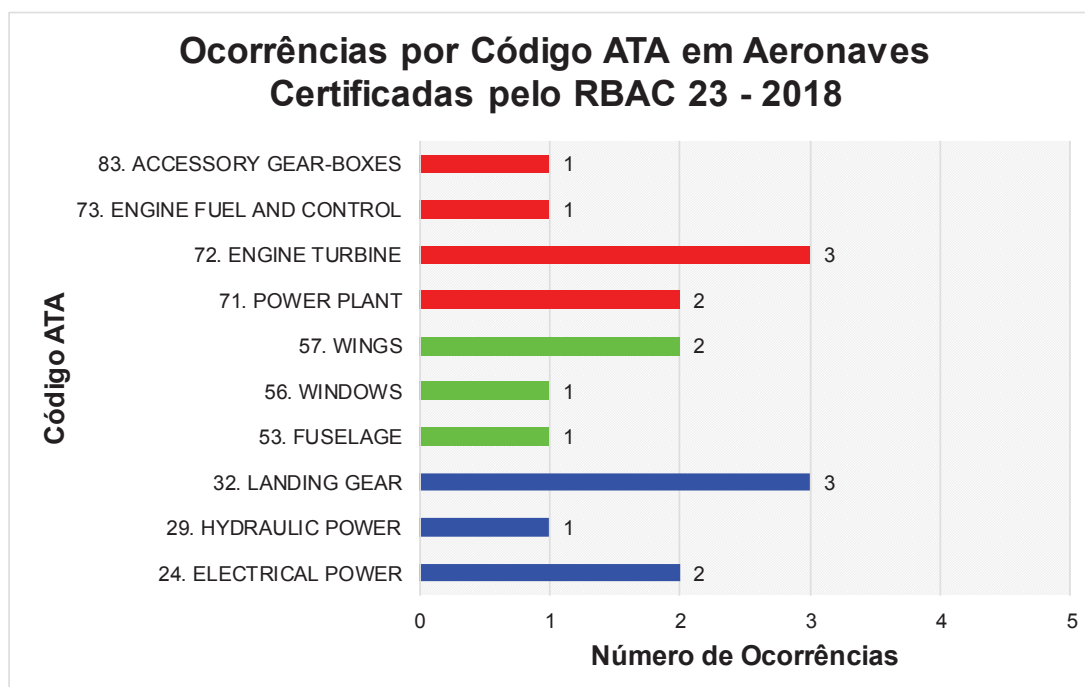


Figura 8a – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto para aeronaves certificadas pelo RBAC 23 (ANAC, 2019).



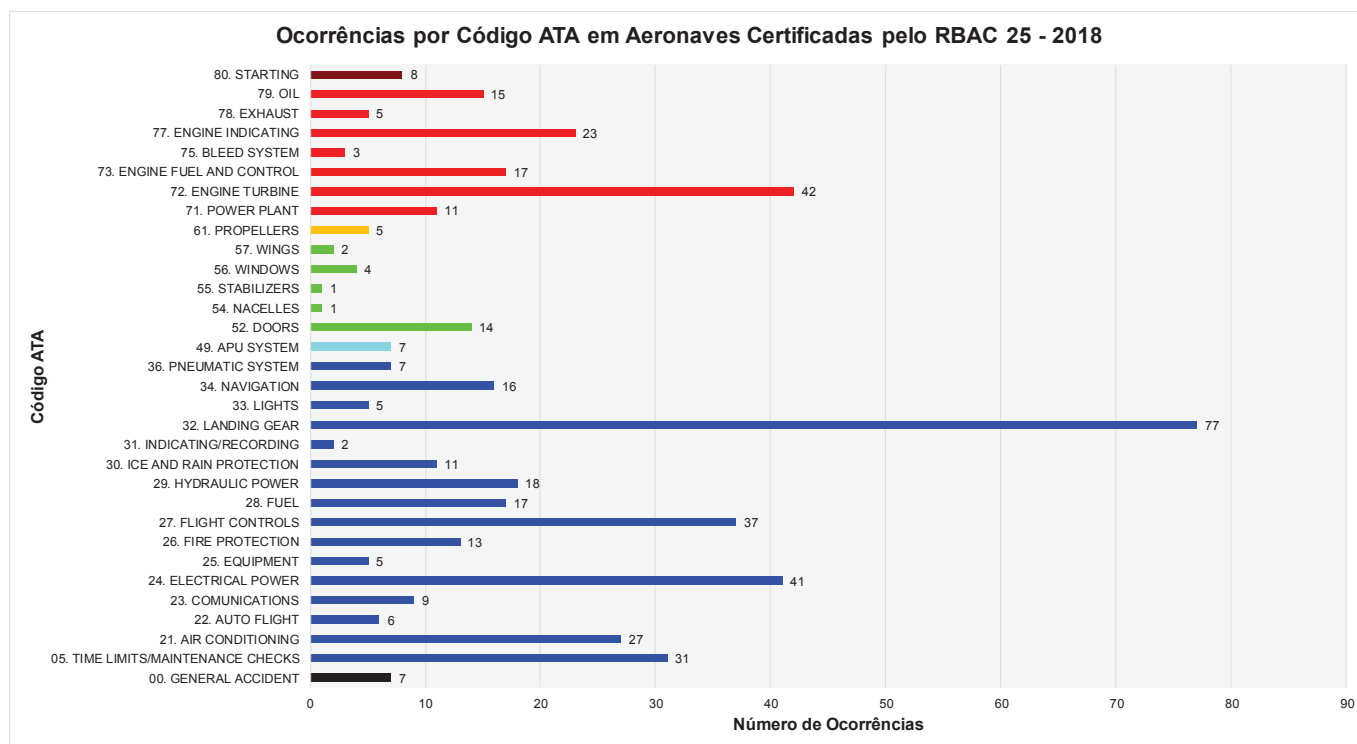
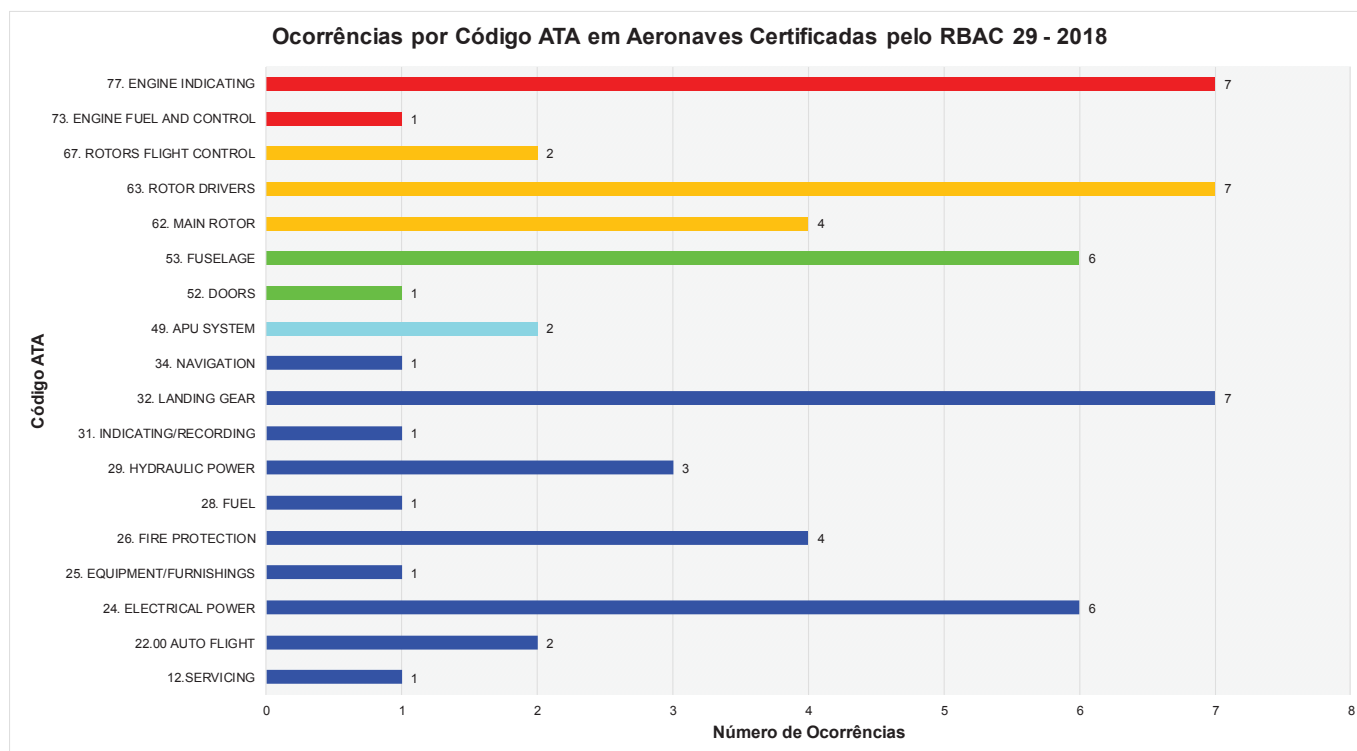


Figura 8b – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto para aeronaves certificadas pelo RBAC 25 (ANAC,



2019).

Figura 8c – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto para aeronaves certificadas pelo RBAC 29 (ANAC, 2019)

### 5.1 SISTEMAS

A seguir (Figuras 9 até 22) é feita a separação dos eventos associados aos sistemas das aeronaves certificadas pelo RBAC 25 e pelo RBAC 29 (ambas as categorias transporte), de acordo com seu código ATA incidente. Observa-se que nem todas as

ATAs tiveram uma análise detalhada, pois em alguns casos, os eventos foram comunicados como falha do sistema em particular e em outros, só houve um tipo de falha comunicado.

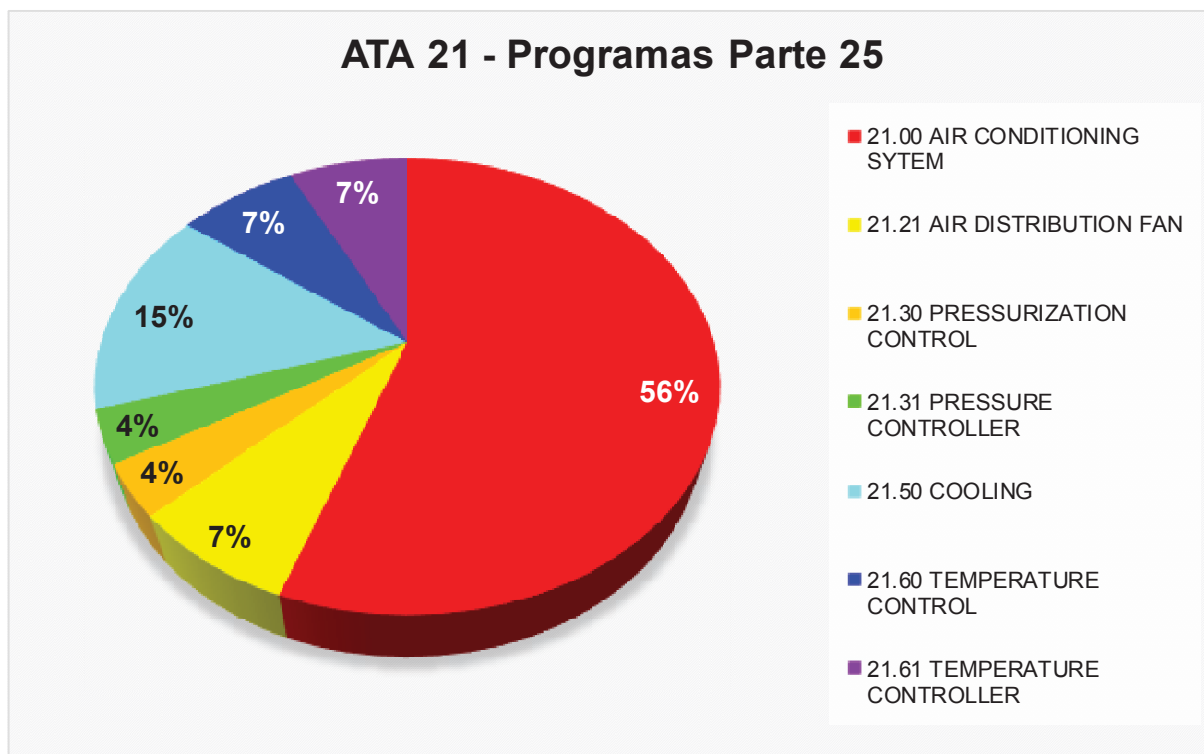


Figura 9 – Ocorrências ATA 21 (ANAC, 2019)

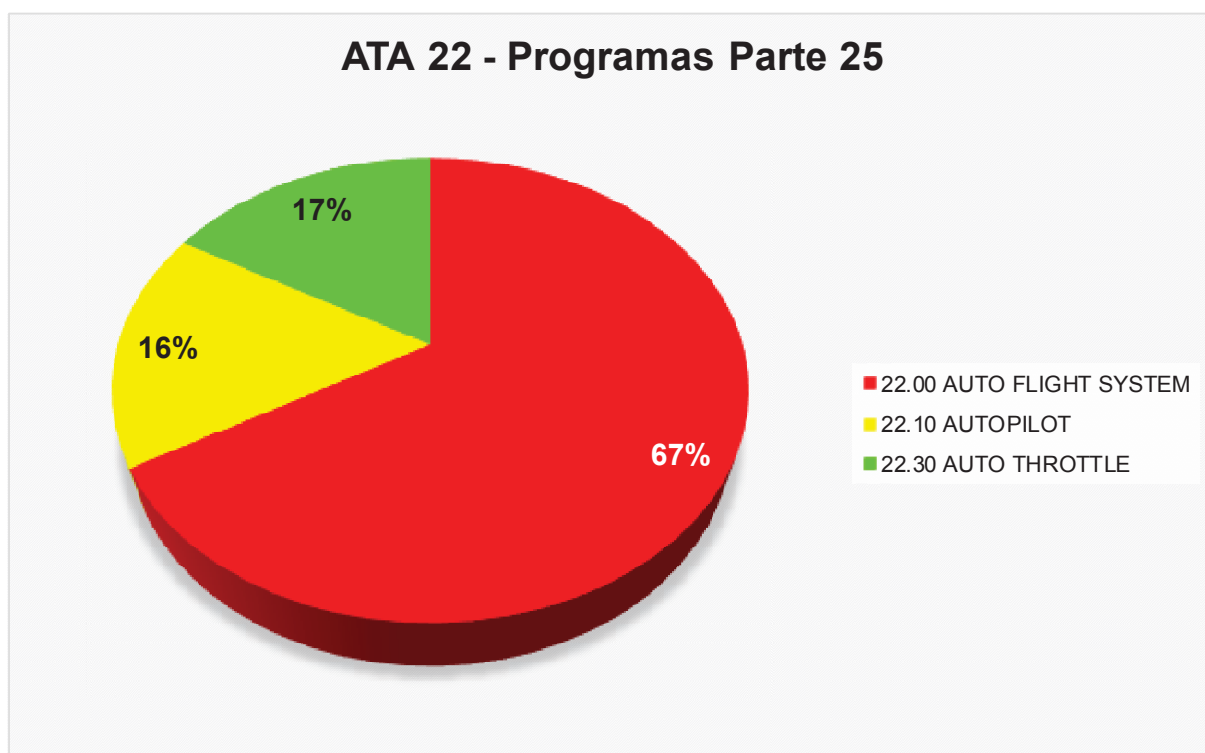


Figura 10 – Ocorrências ATA 22 (ANAC, 2019)

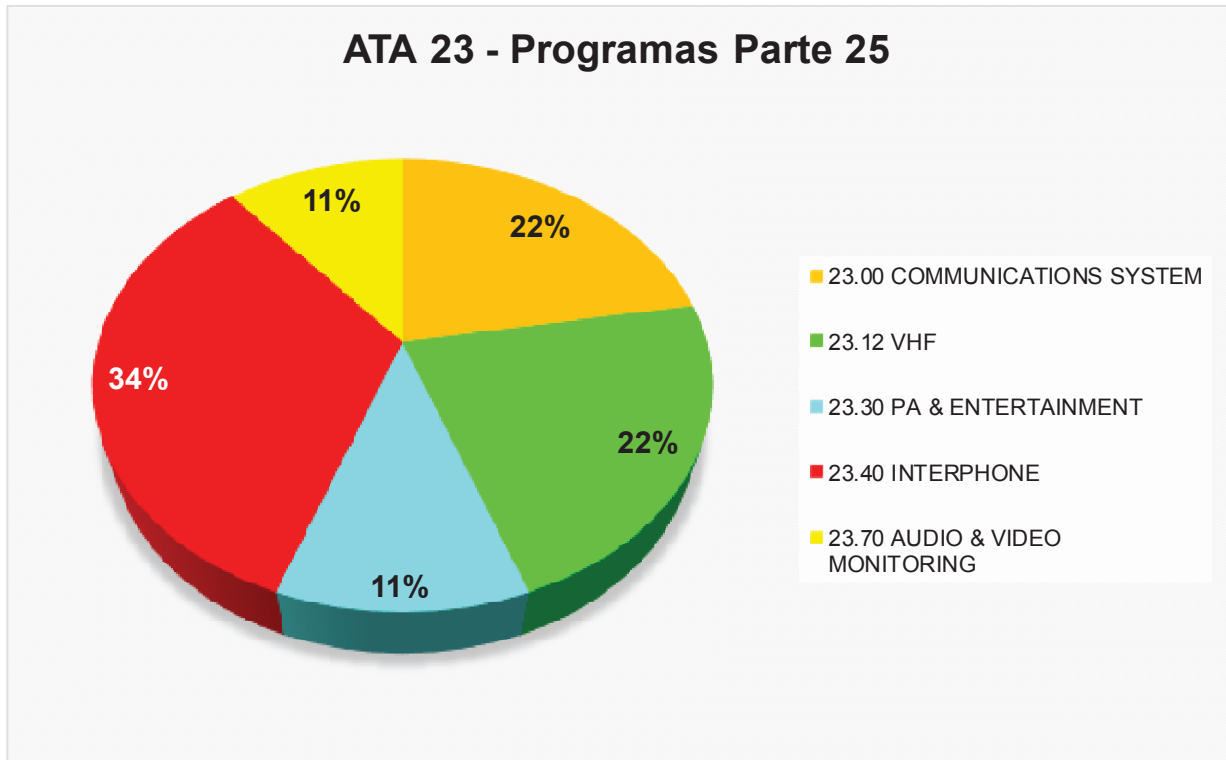


Figura 11 – Ocorrências ATA 23 (ANAC, 2019)

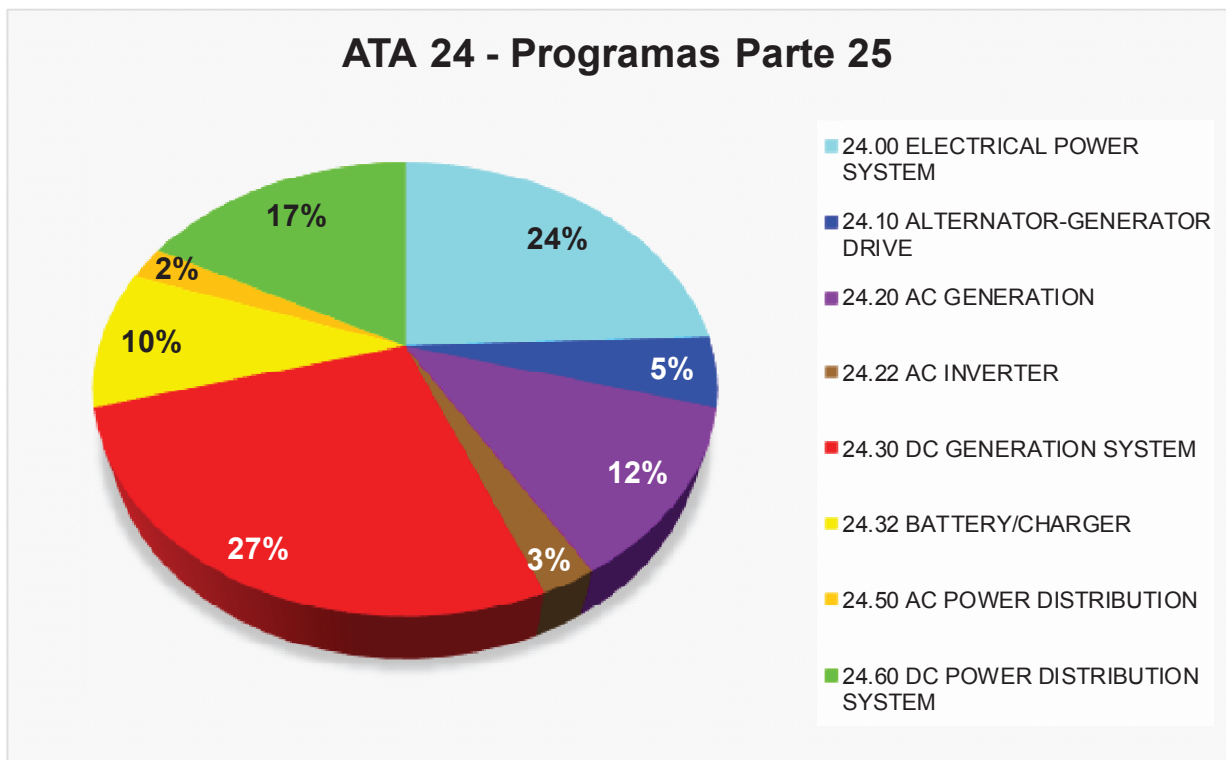


Figura 12a – Ocorrências ATA 24 (ANAC, 2019)

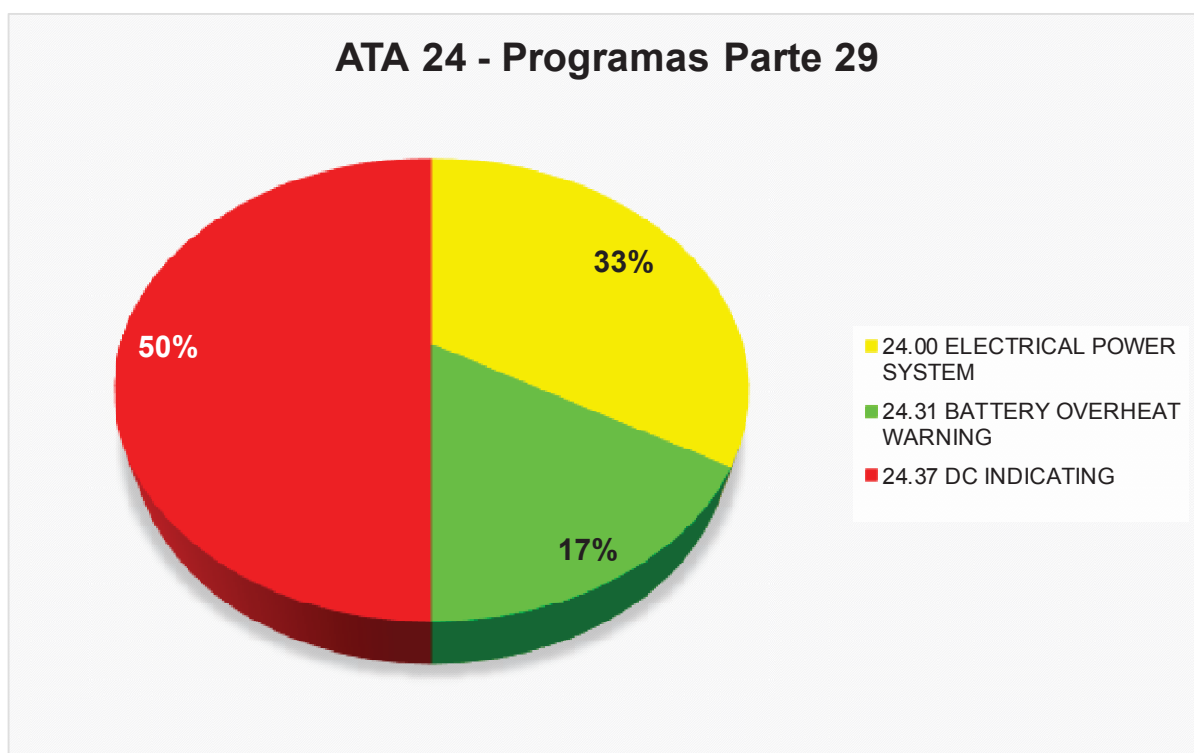


Figura 12b – Ocorrências ATA 24 (ANAC, 2019)

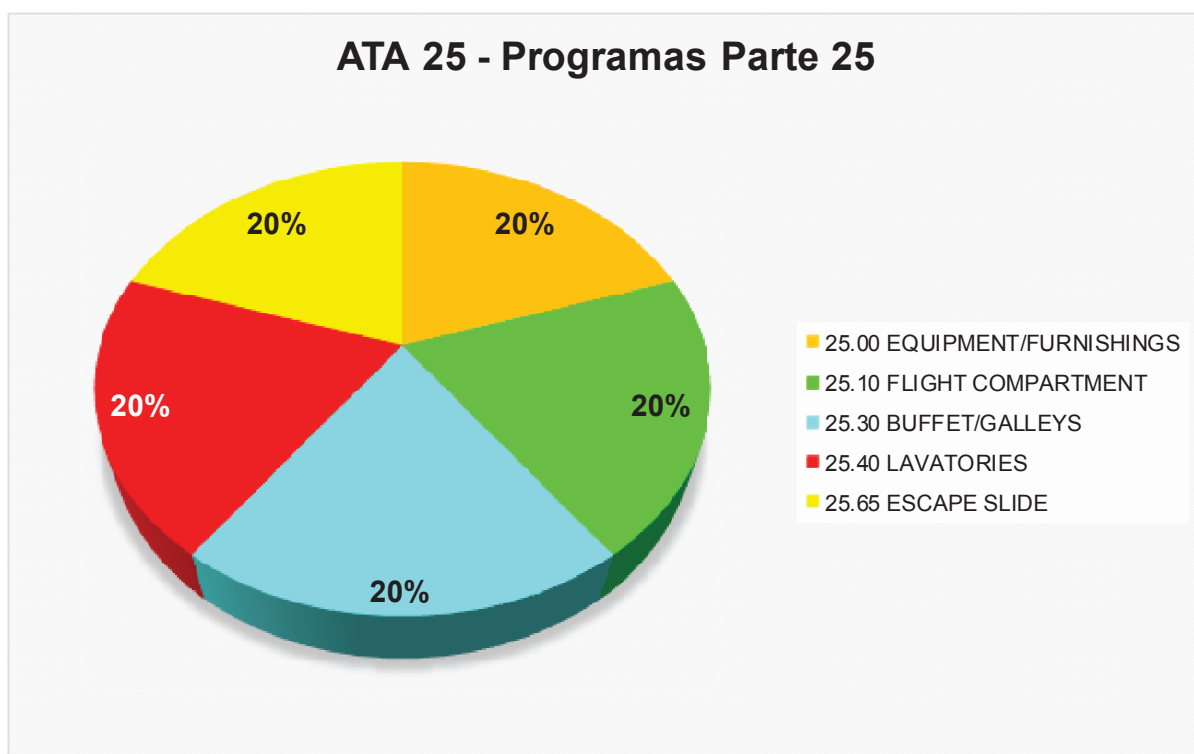


Figura 13 – Ocorrências ATA 25 (ANAC, 2019)

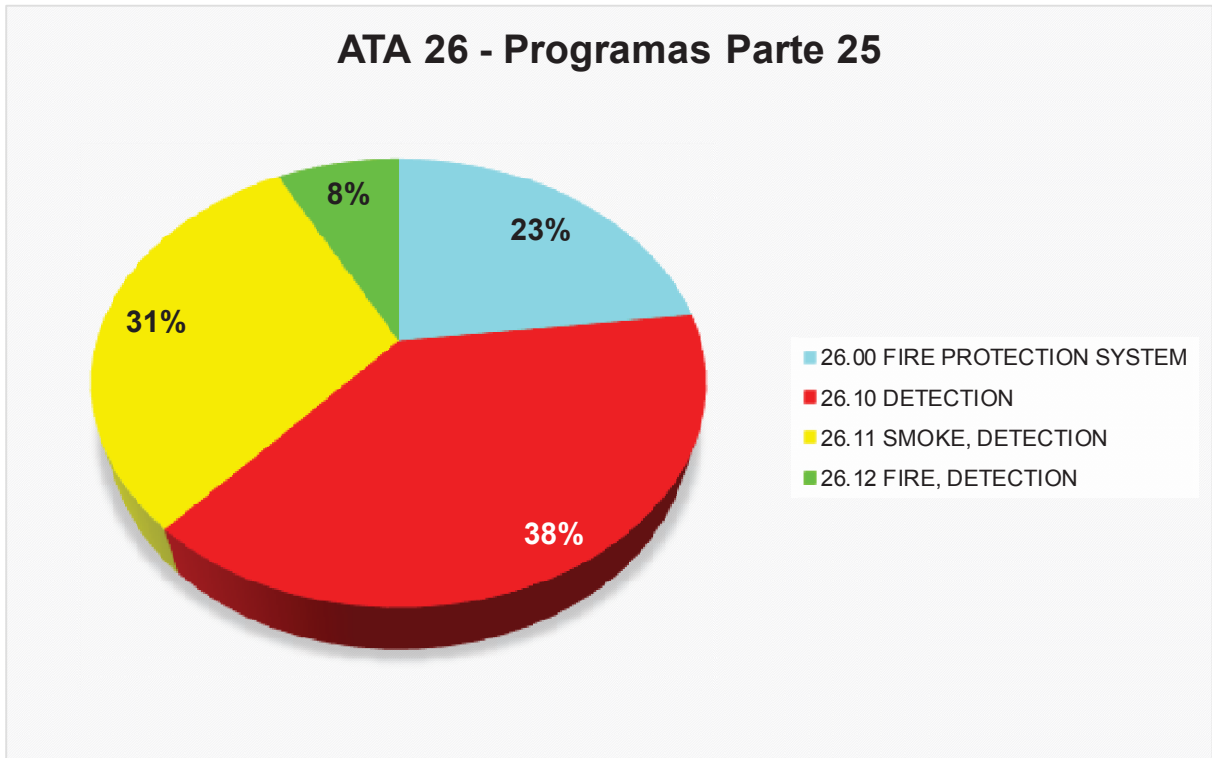


Figura 14 – Ocorrências ATA 26 (ANAC, 2019).

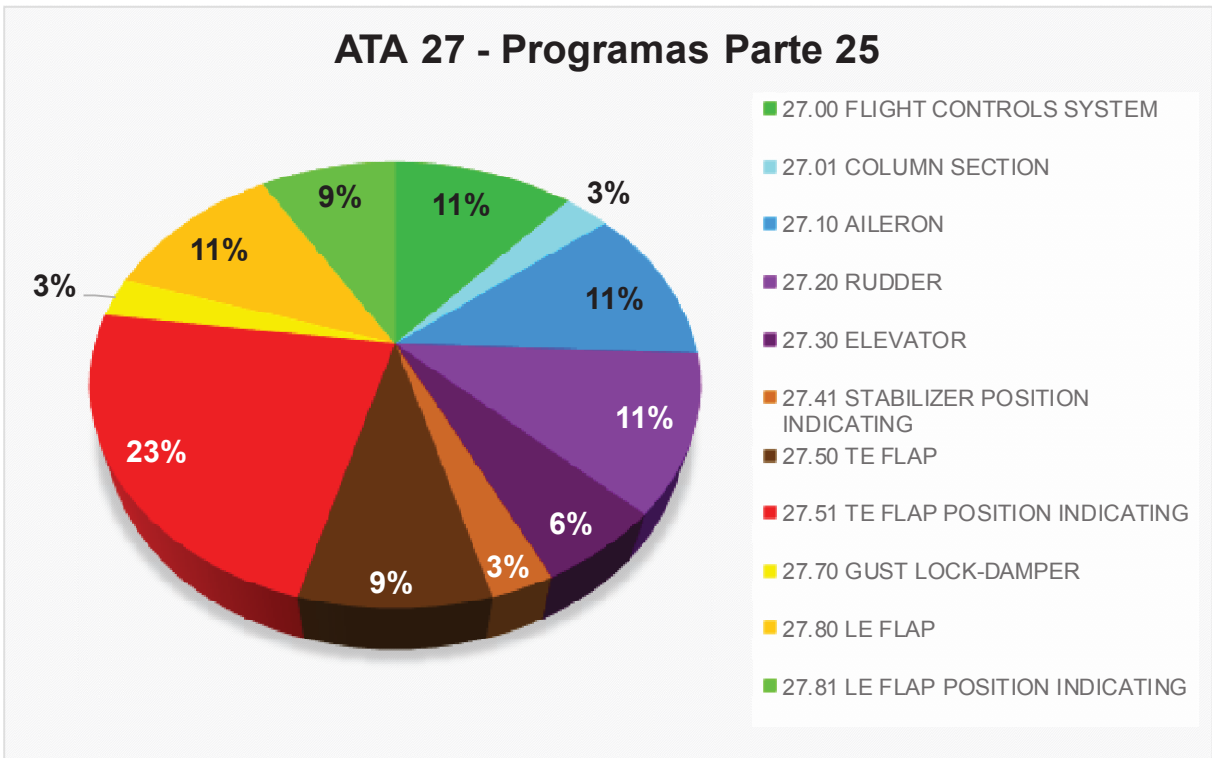


Figura 15 – Ocorrências ATA 27 (ANAC, 2019).

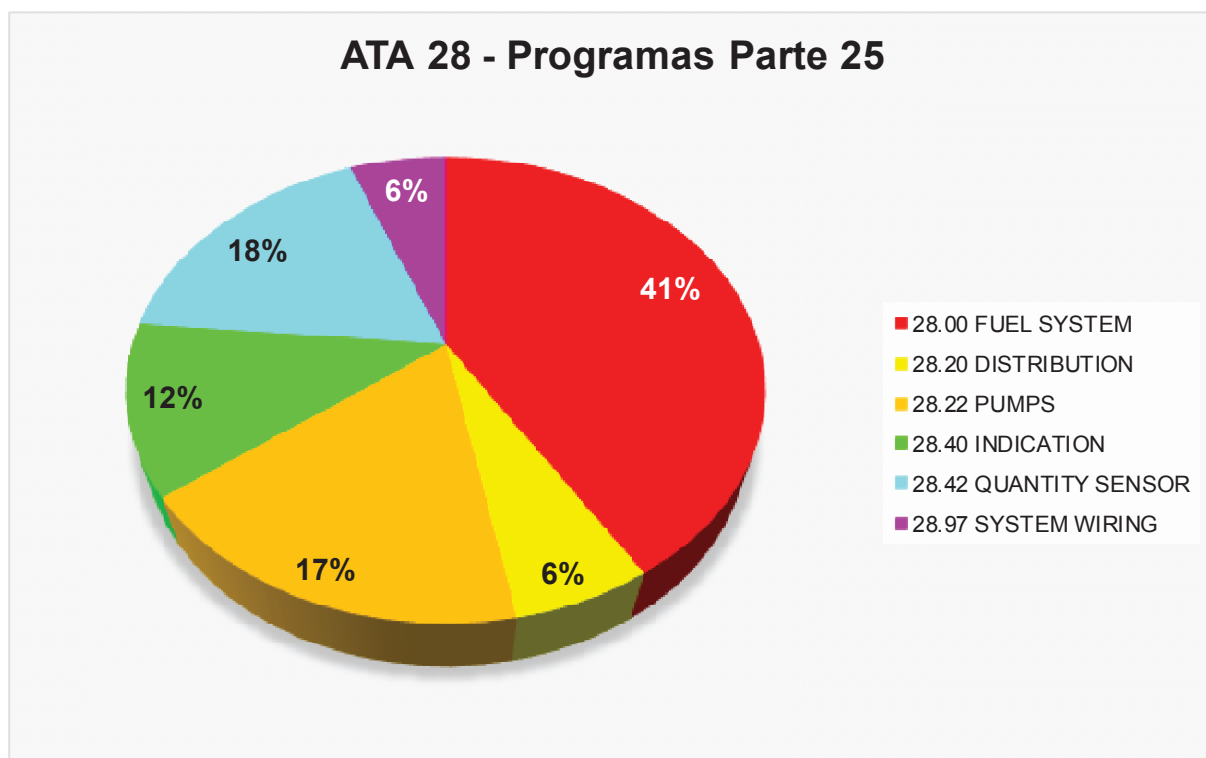


Figura 16 – Ocorrências ATA 28 (ANAC, 2019).

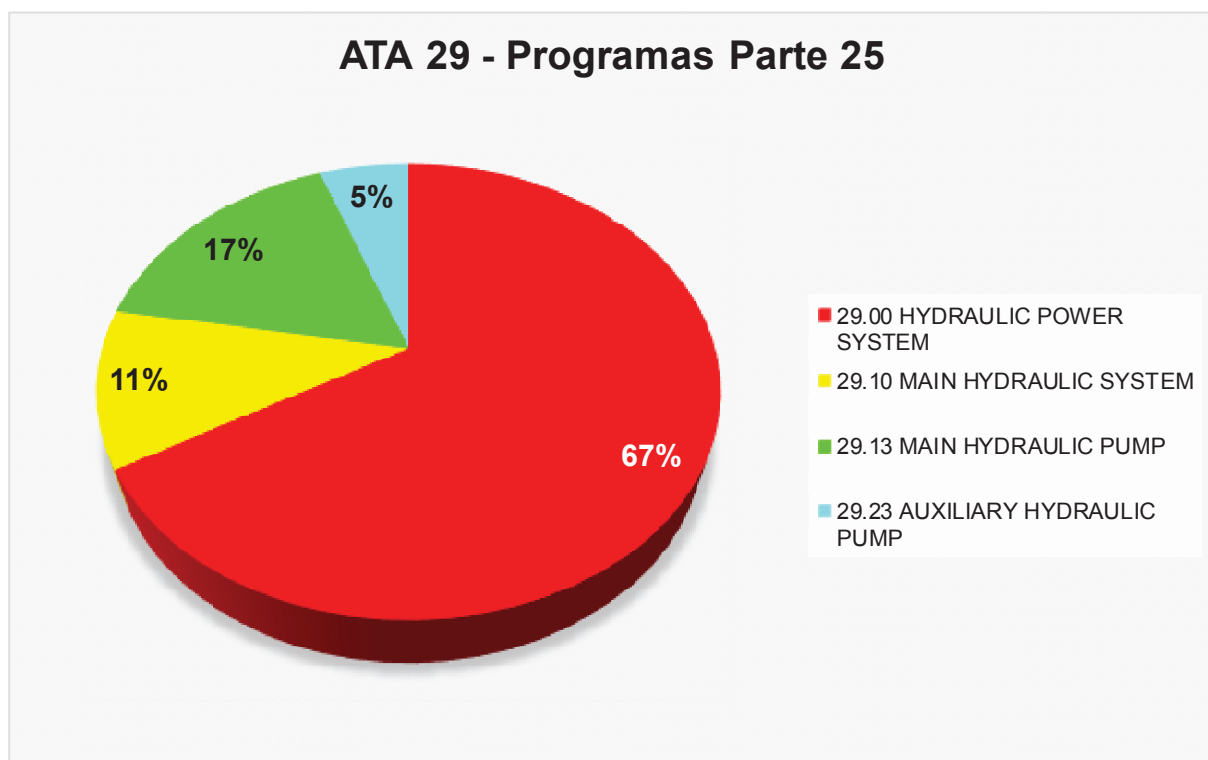


Figura 17 – Ocorrências ATA 29 (ANAC, 2019).

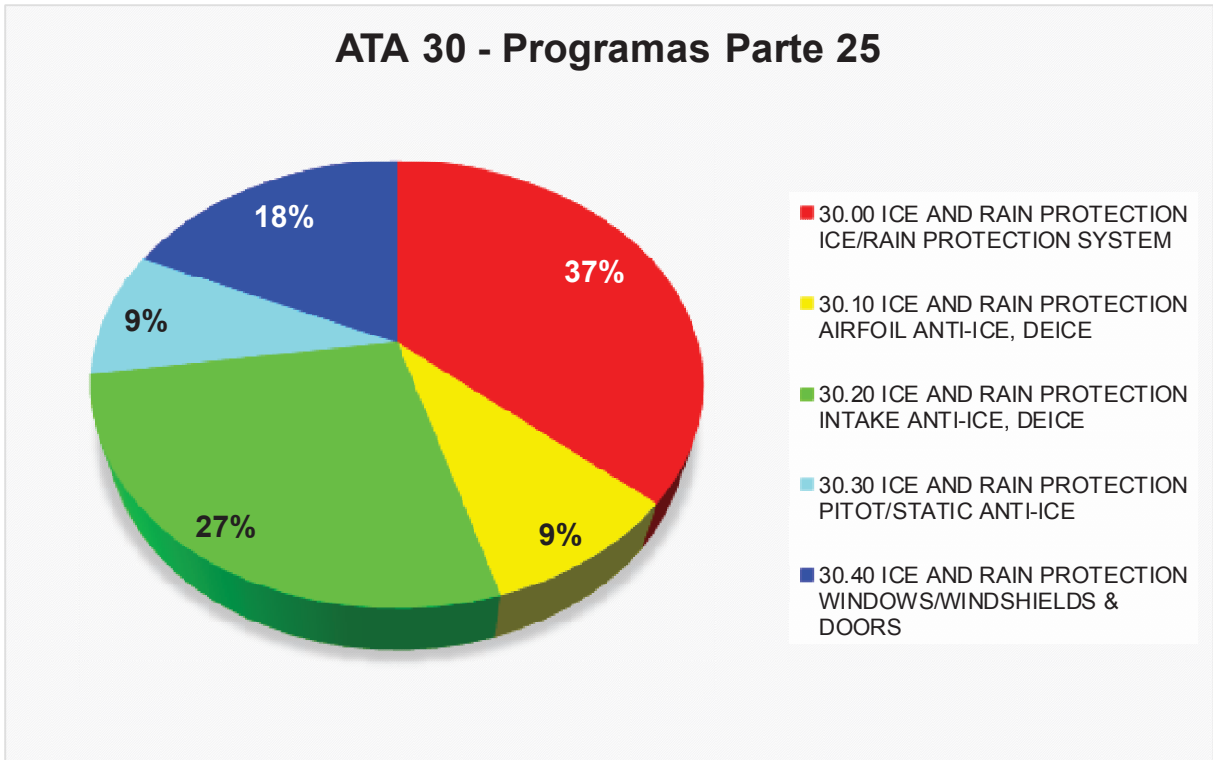


Figura 18 – Ocorrências ATA 30 (ANAC, 2019).

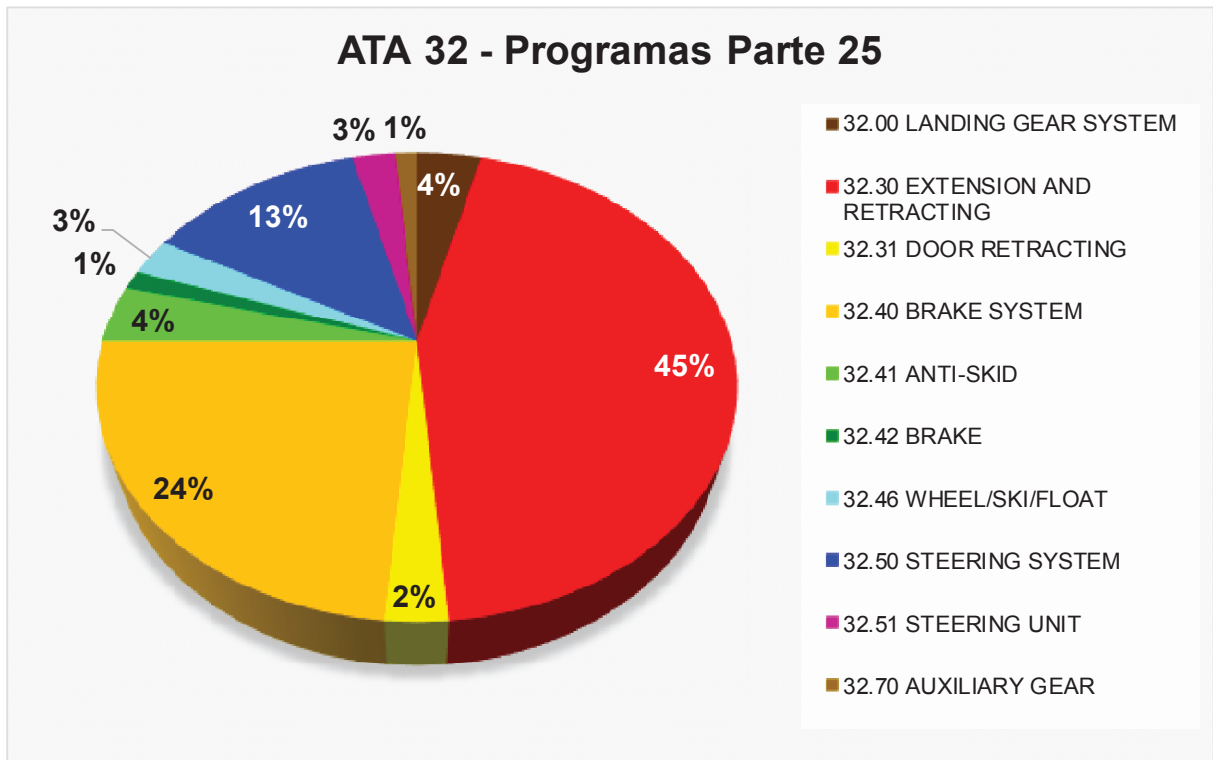


Figura 19a – Ocorrências ATA 32 (ANAC, 2019).

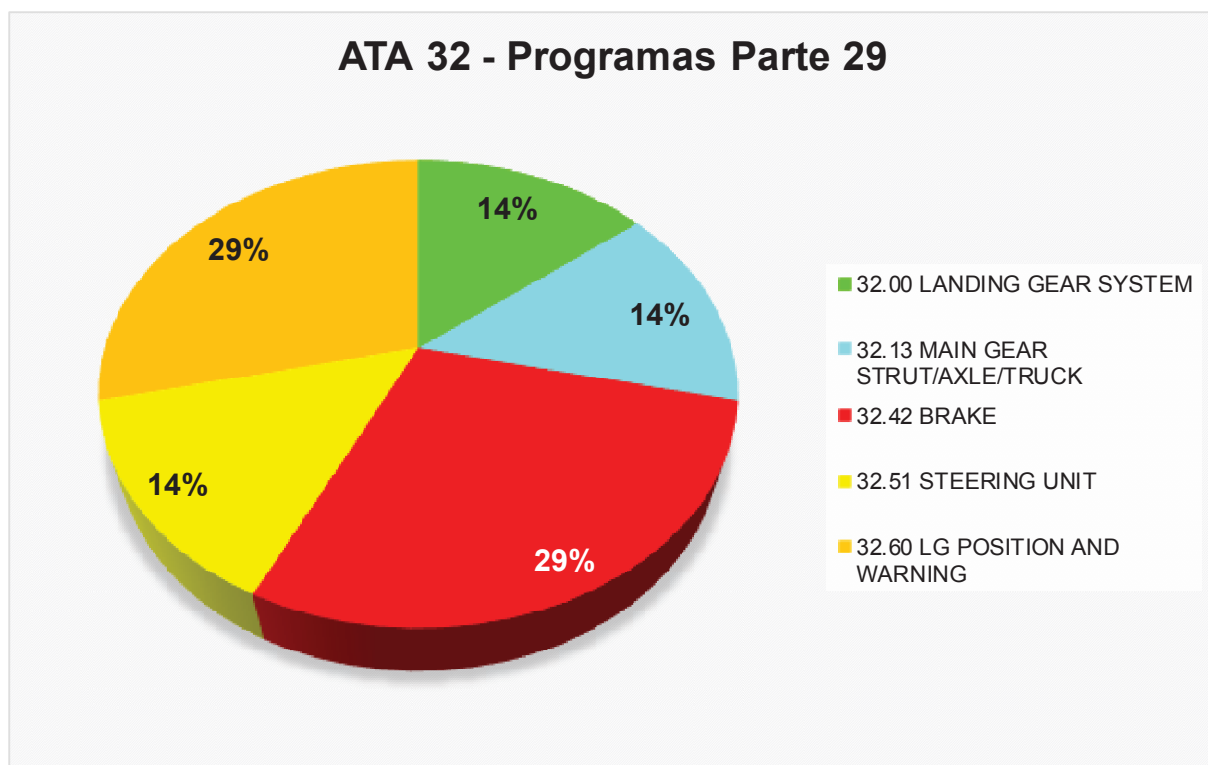


Figura 19b – Ocorrências ATA 32 (ANAC, 2019).

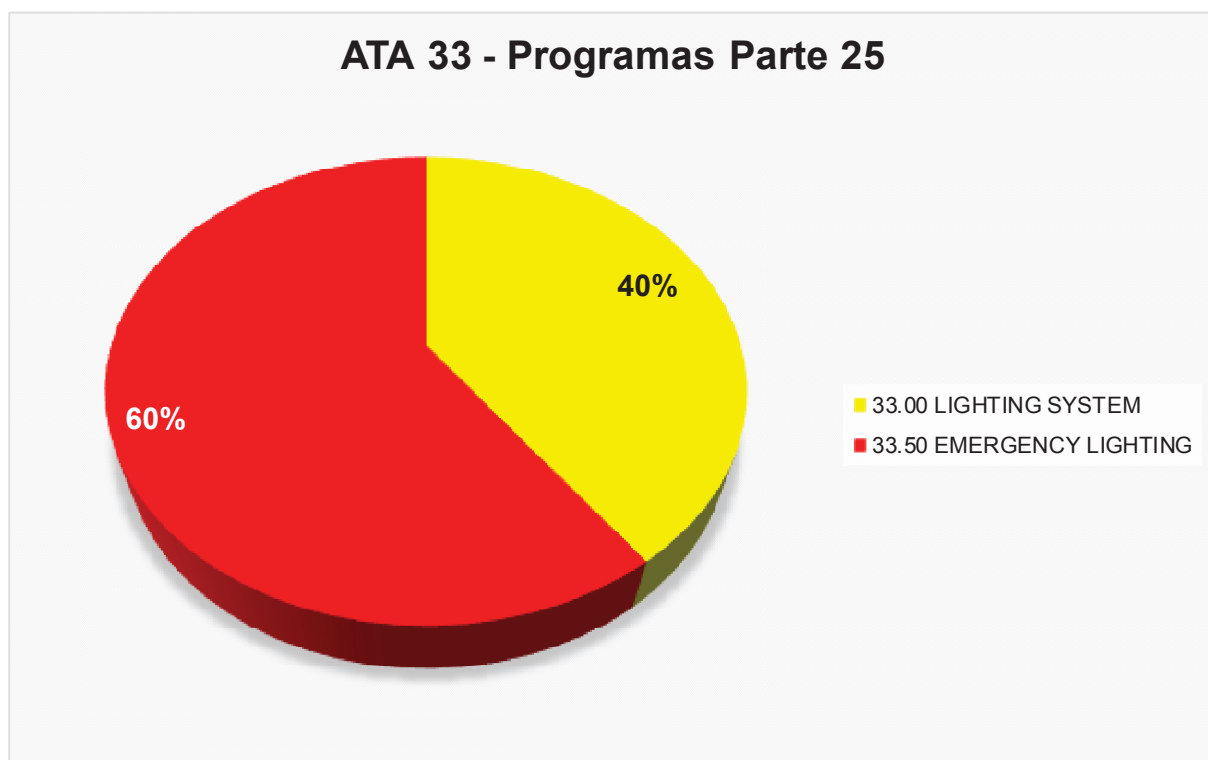


Figura 20 – Ocorrências ATA 33 (ANAC, 2019).



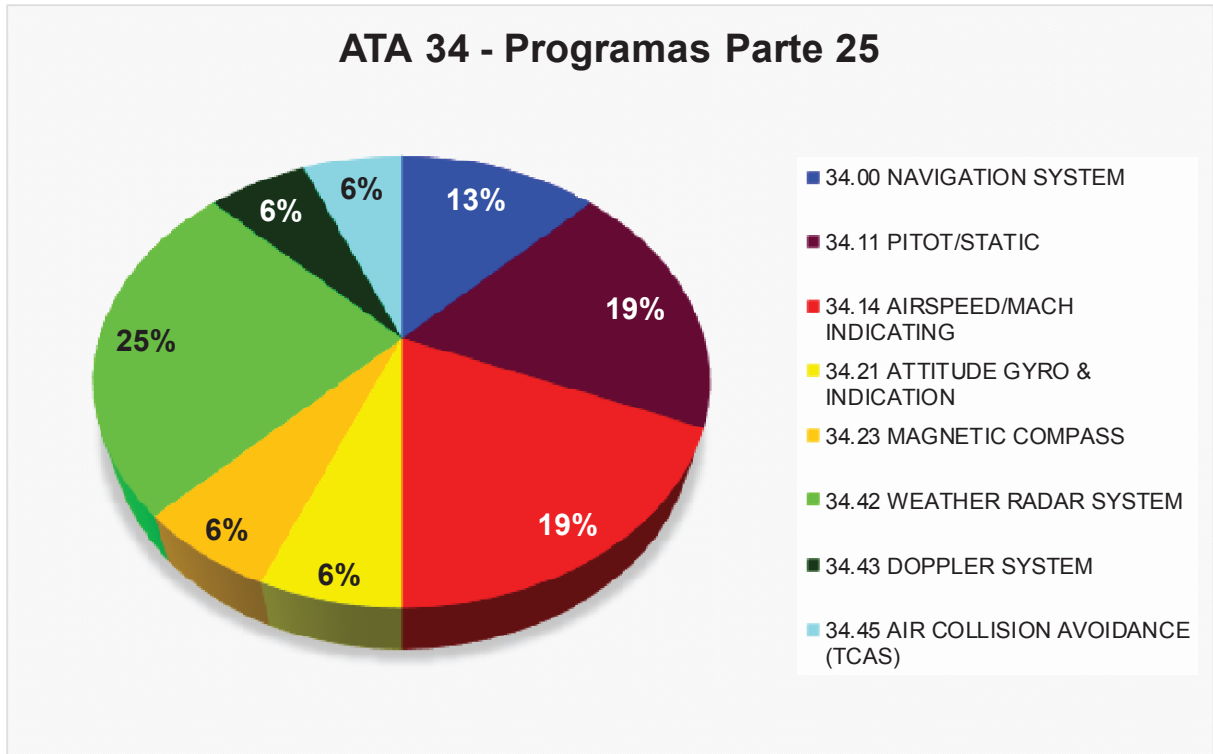


Figura 21 – Ocorrências ATA 34 (ANAC, 2019).

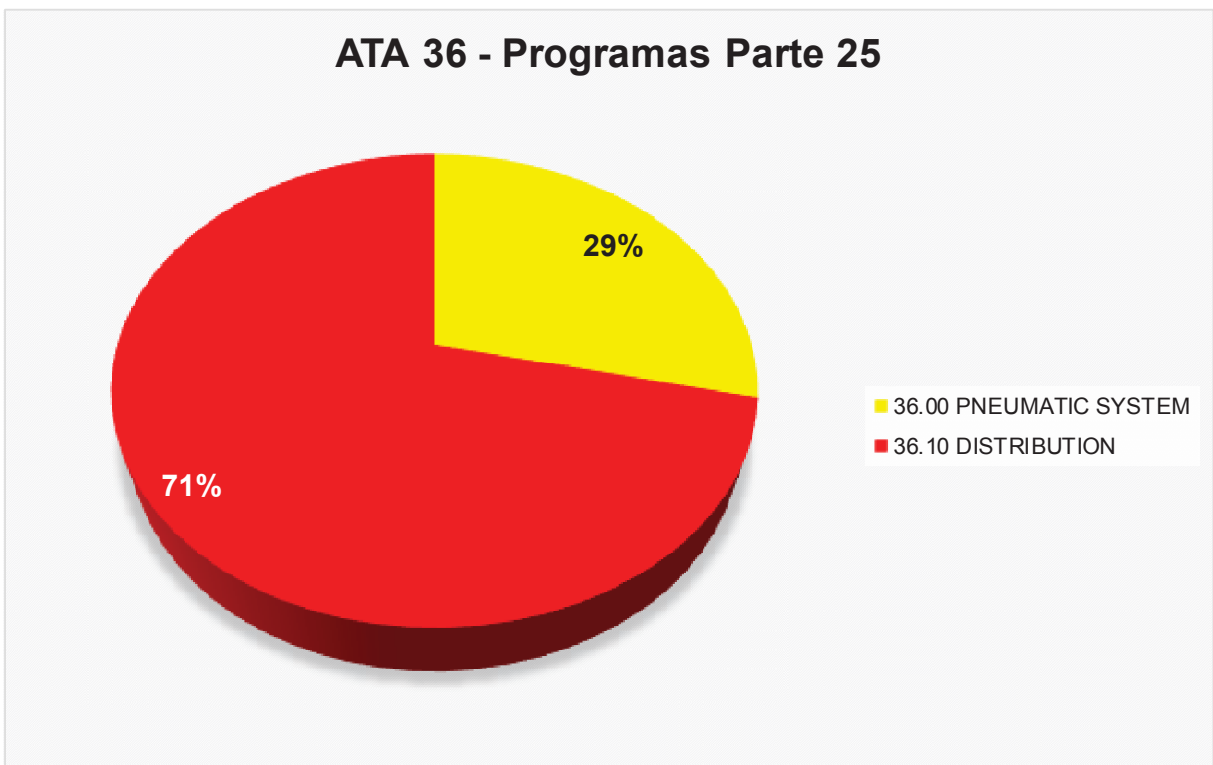
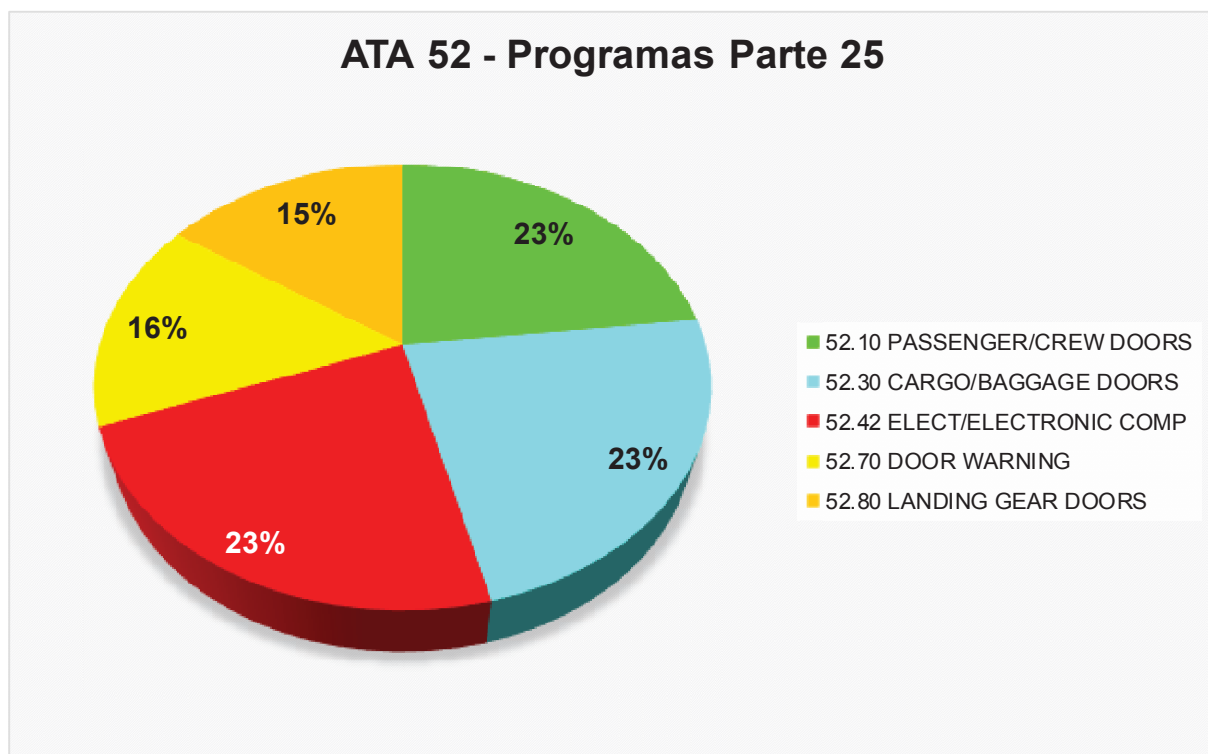


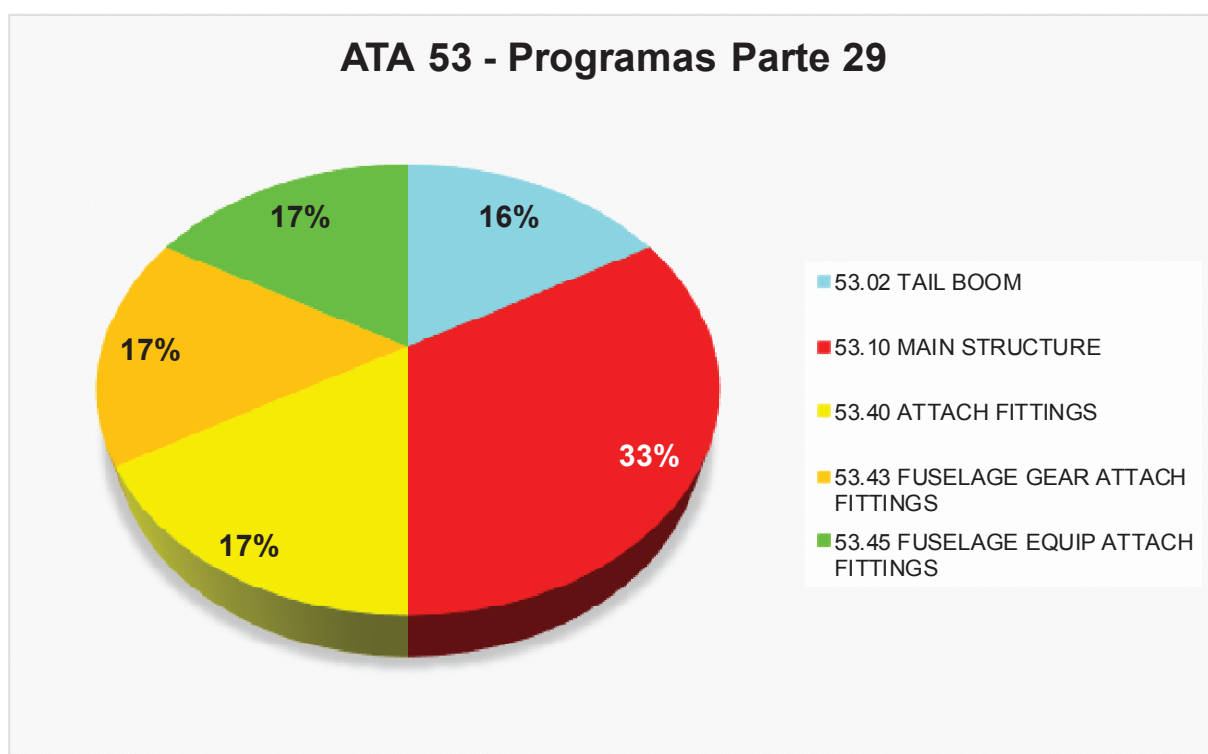
Figura 22 – Ocorrências ATA 36 (ANAC, 2019)

5.2 ESTRUTURA – ATA 50 a 59

A seguir são apresentados (Figuras 23 a 24) os eventos relativos aos itens estruturais das aeronaves.



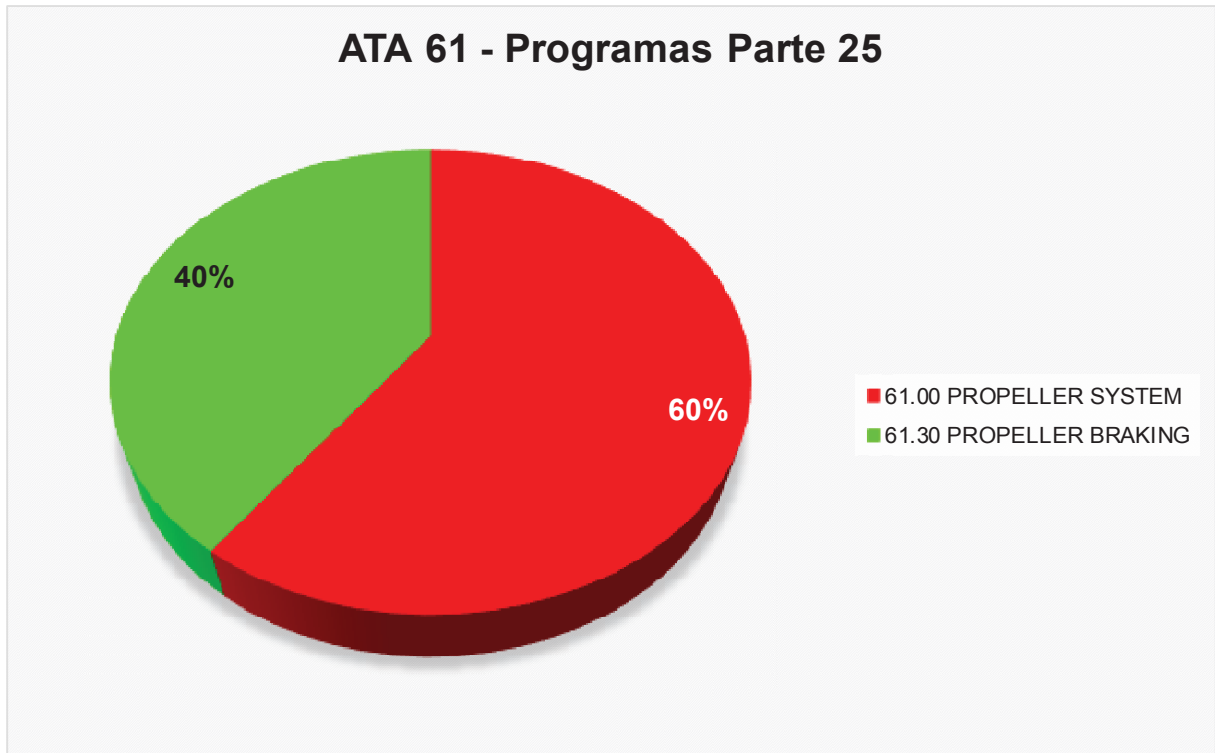
**Figura 23** – Ocorrências ATA 52 (ANAC, 2019).



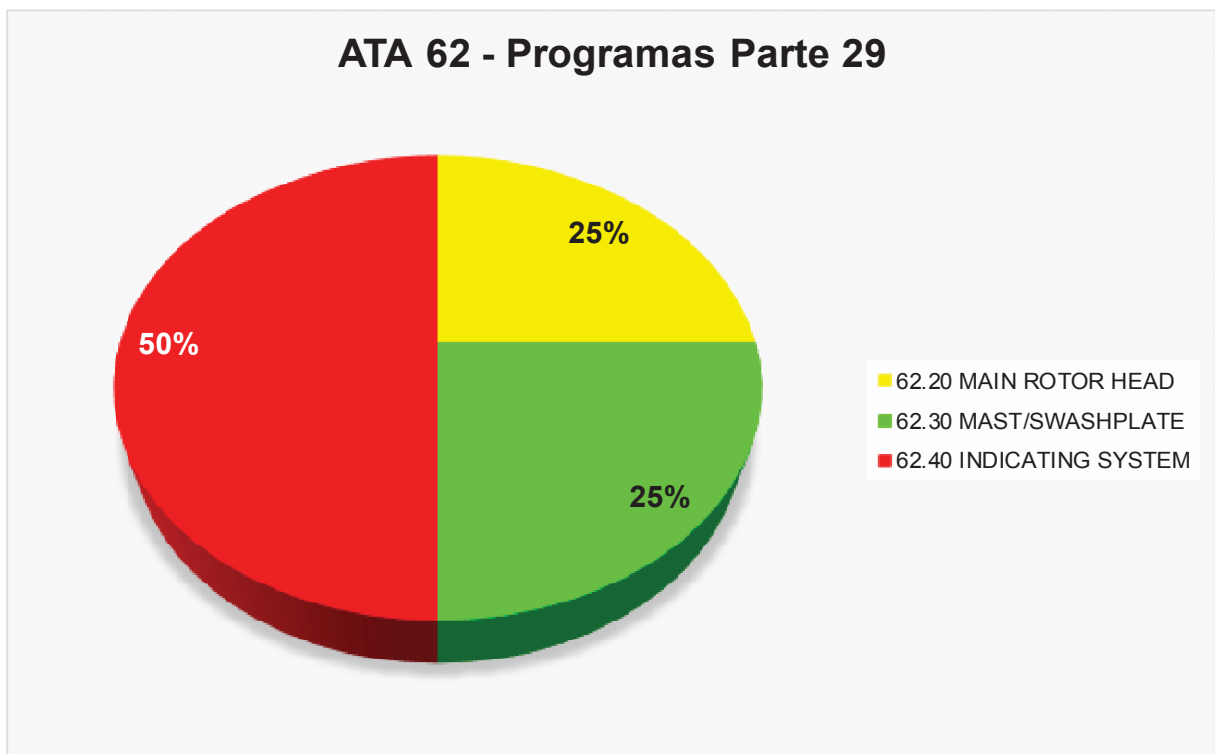
**Figura 24** – Ocorrências ATA 53 (ANAC, 2019).

### 5.3 HÉLICES E ROTORES – ATA 60 a 67

A seguir são apresentados (Figuras 25 a 27) os eventos relativos aos sistemas de hélices e rotores completos, excluindo-se os sistemas de antigelo dos mesmos.



**Figura 25** – Ocorrências ATA 61 (ANAC, 2019).



**Figura 26** – Ocorrências ATA 62 (ANAC, 2019).

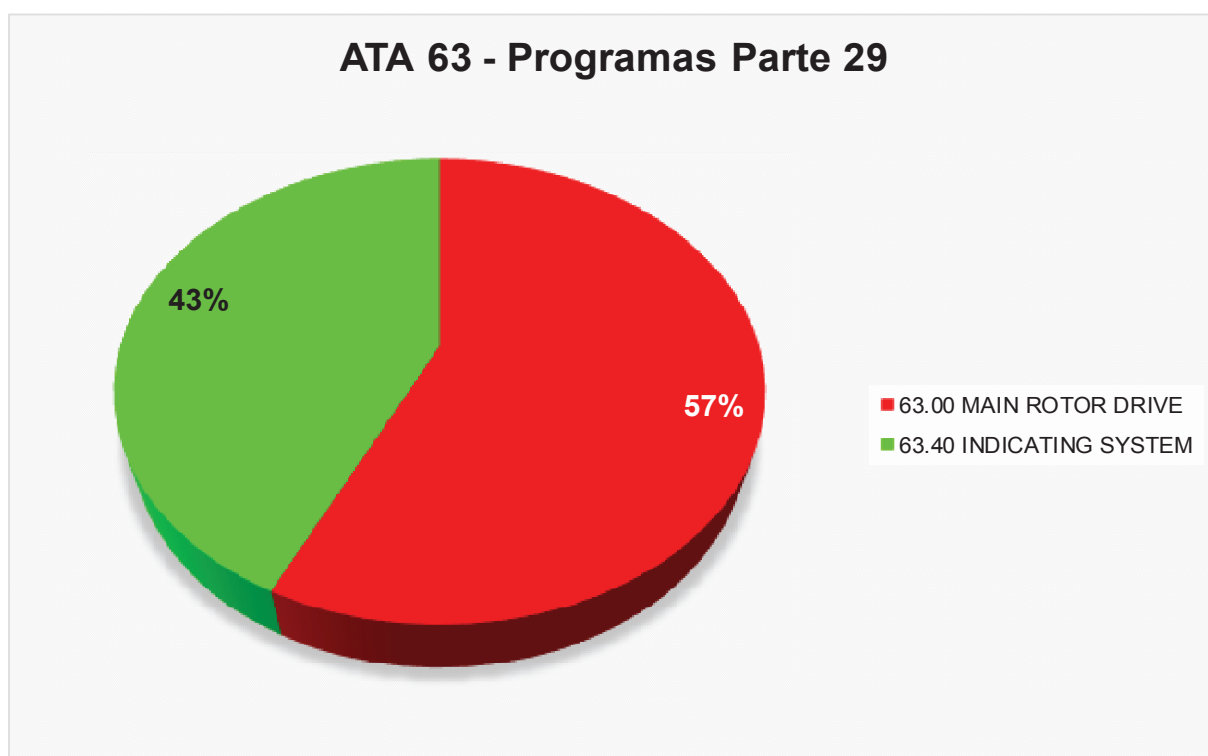


Figura 27 – Ocorrências ATA 63 (ANAC, 2019).

#### 5.4 GRUPO MOTOPROPULSOR – ATA 71 a 84

A seguir são apresentados (Figuras 28 a 33) os eventos relativos à unidade de potência completa, que desenvolve empuxo/potência através da exaustão dos gases ou através de hélices, excluindo itens como geradores e compressores, que são cobertos por seus respectivos sistemas.

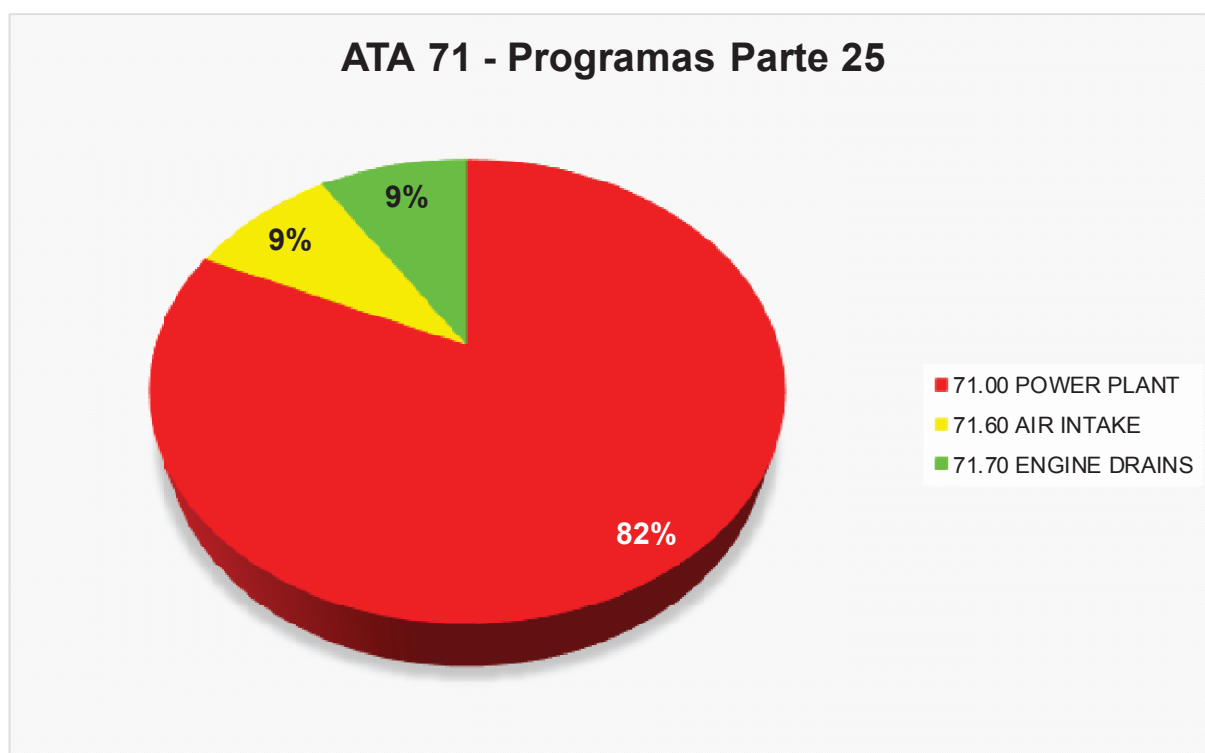


Figura 28 – Ocorrências ATA 71 (ANAC, 2019).

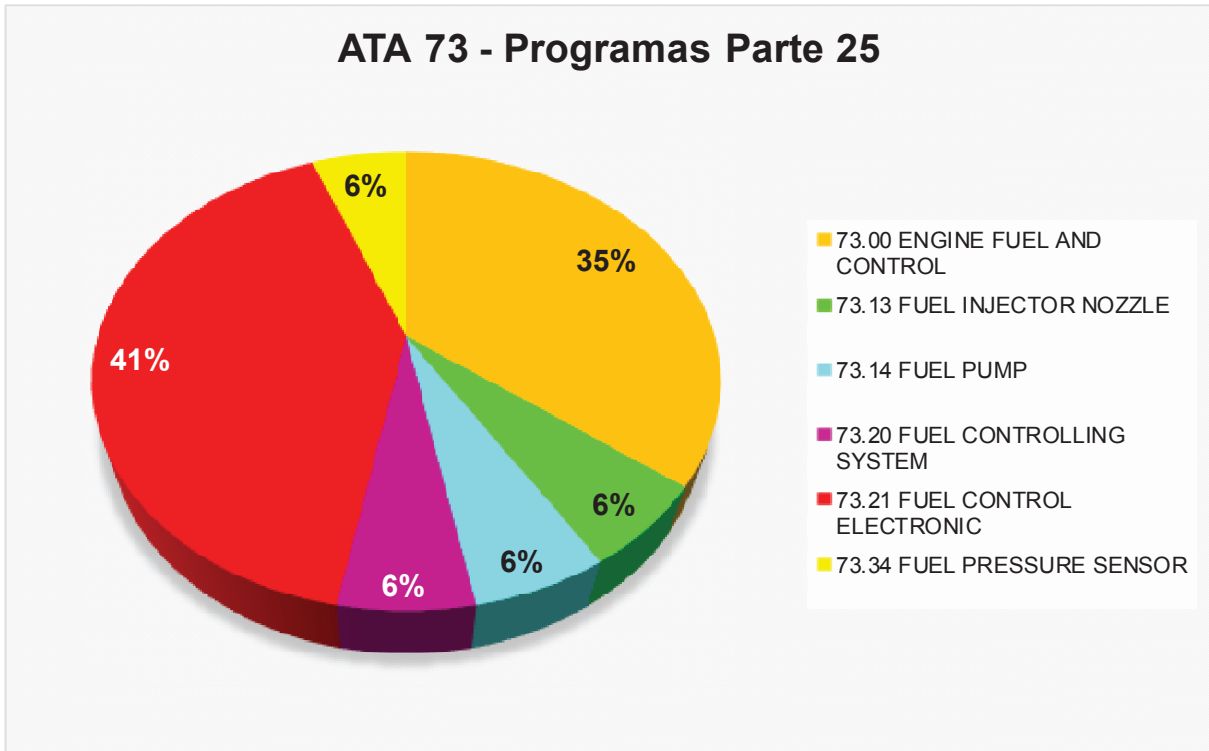


Figura 29 – Ocorrências ATA 73 (ANAC, 2019).

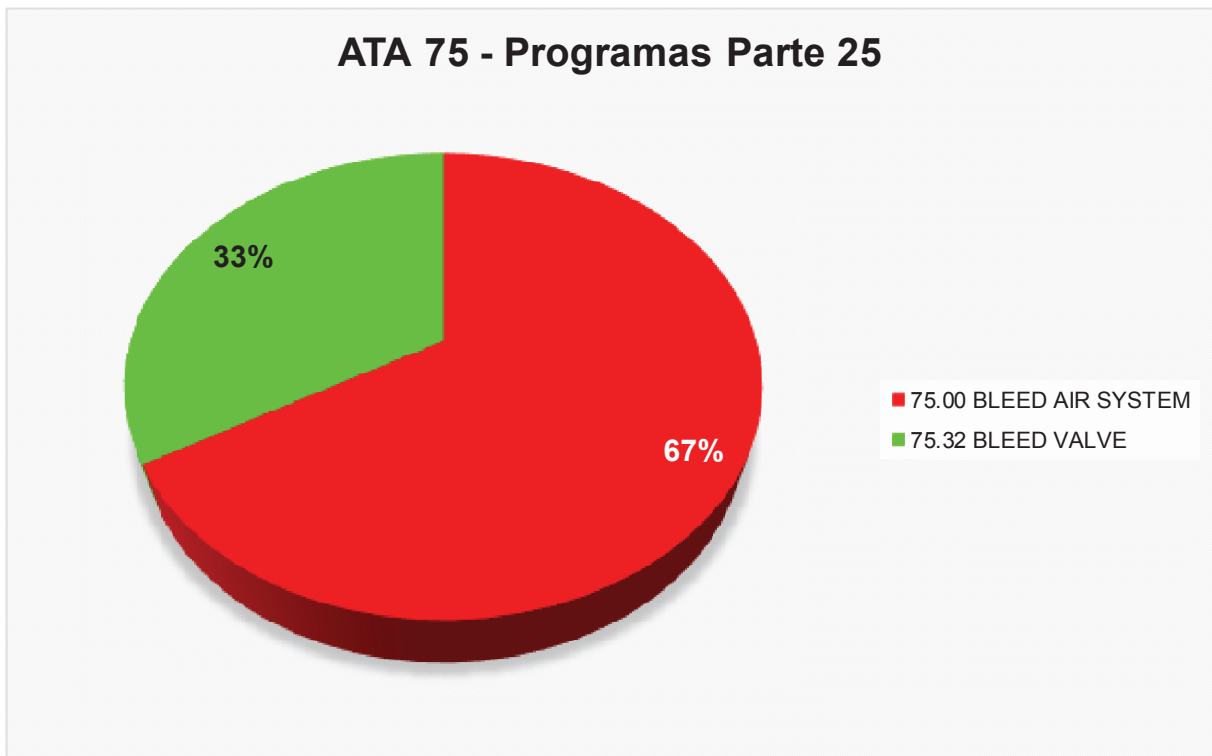


Figura 30 – Ocorrências ATA 75 (ANAC, 2019).

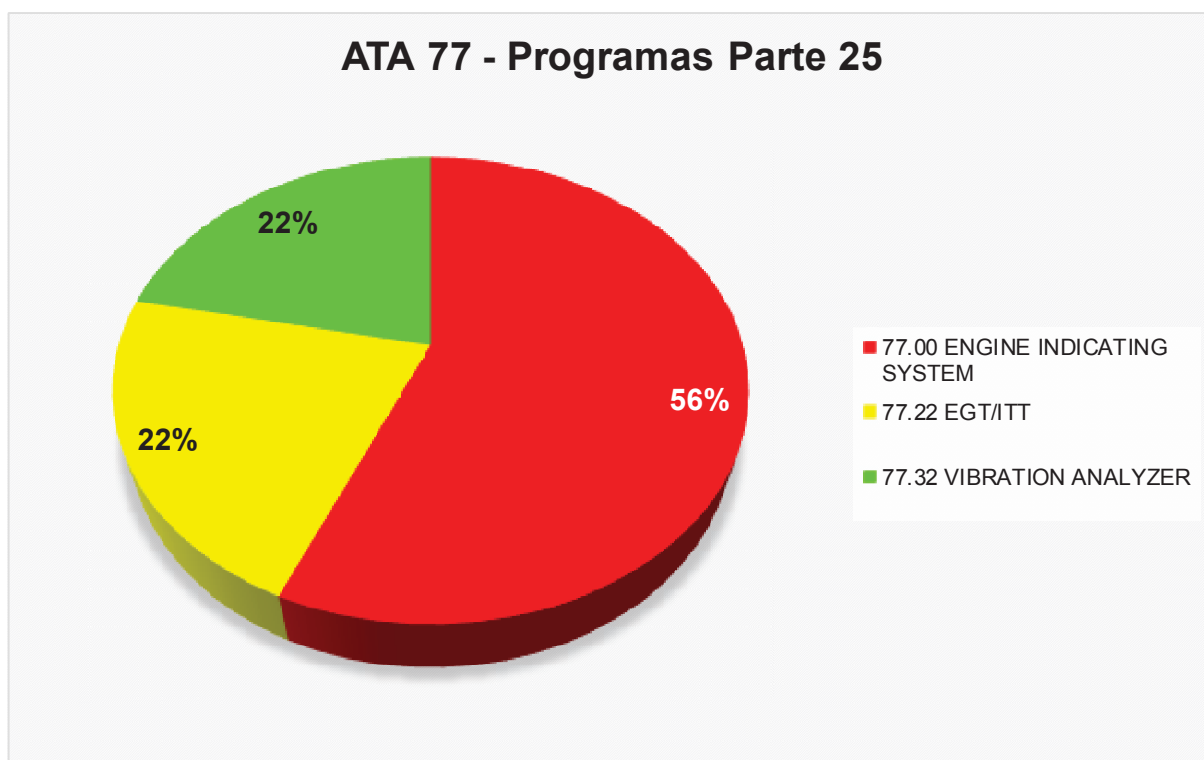


Figura 31 – Ocorrências ATA 77 (ANAC, 2019).

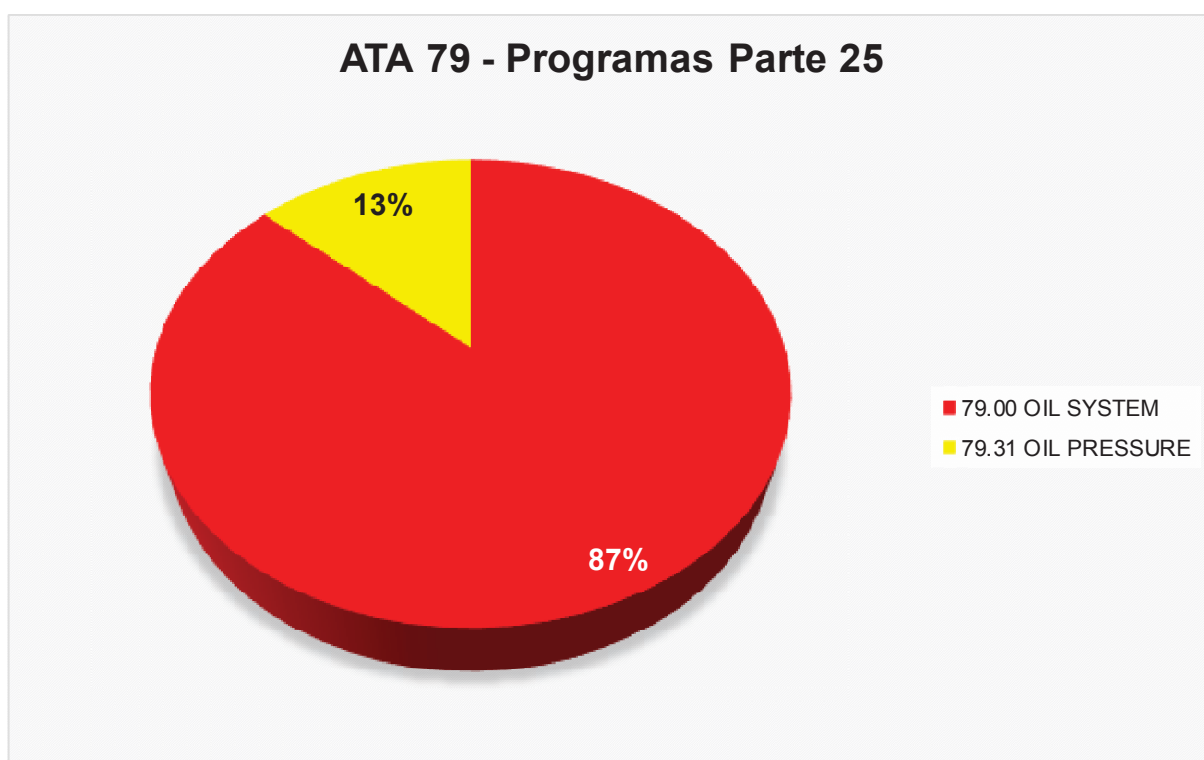


Figura 32 – Ocorrências ATA 79 (ANAC, 2019).

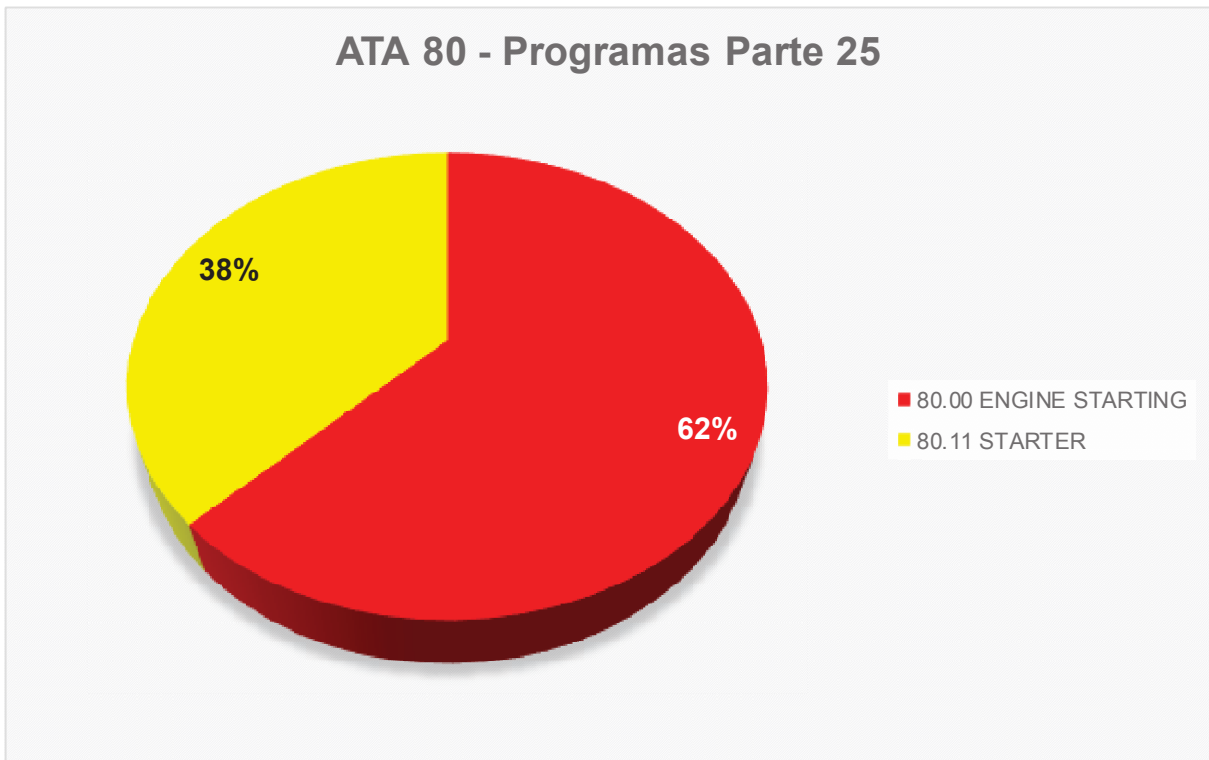


Figura 33 – Ocorrências ATA 80 (ANAC, 2019).

## 6 RELATÓRIOS CLASSIFICADOS DE ACORDO COM A CERTIFICAÇÃO DO PRODUTO

A seguir são apresentados dados relativos as ocorrências incidentes sobre alguns fabricantes de produtos aeronáuticos. Apresentam-se os dados absolutos de cada programa conforme pode ser visto na Figura 34.

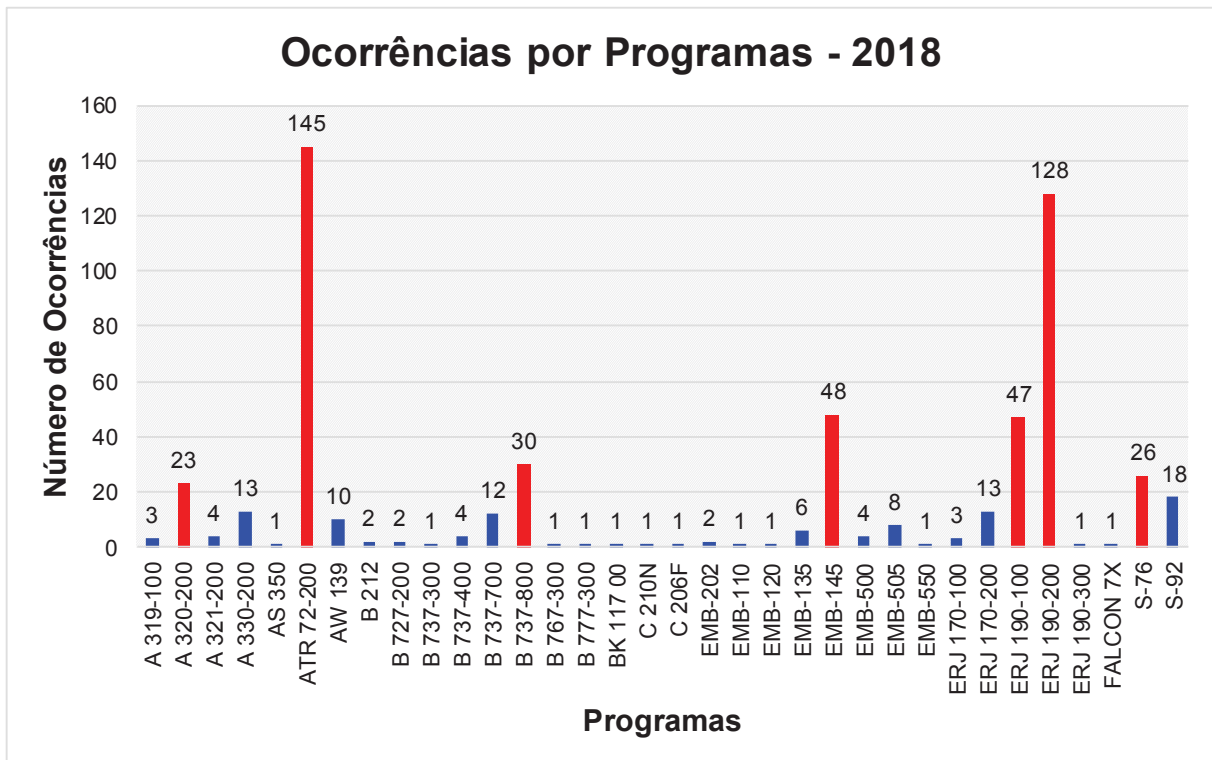


Figura 34 – Incidência absoluta das ocorrências recebidas sobre cada programa (ANAC, 2019).

Em seguida pode ser visto a incidência relativa nos programas de acordo com a sua certificação, isto é, para aeronaves certificadas segundo os requisitos do RBAC 23, 25 e 29, respectivamente (Figuras 35 a 37).

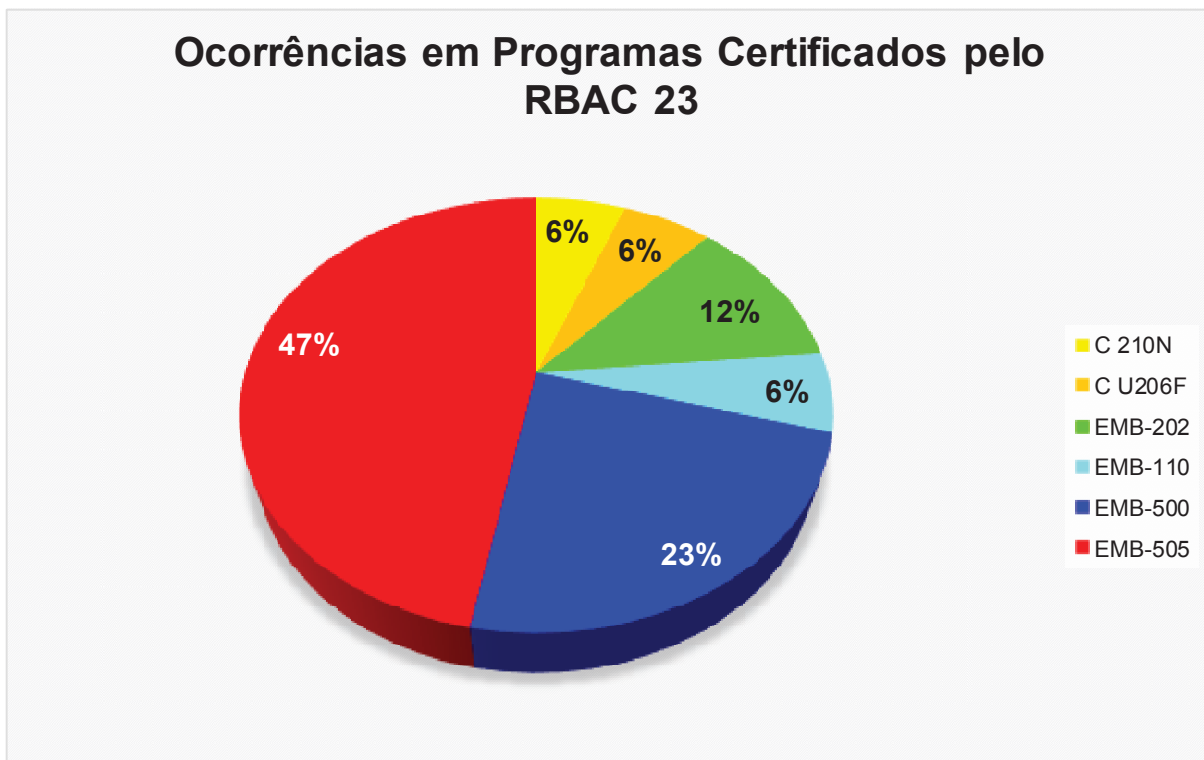


Figura 35 – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 23 (ANAC, 2019).

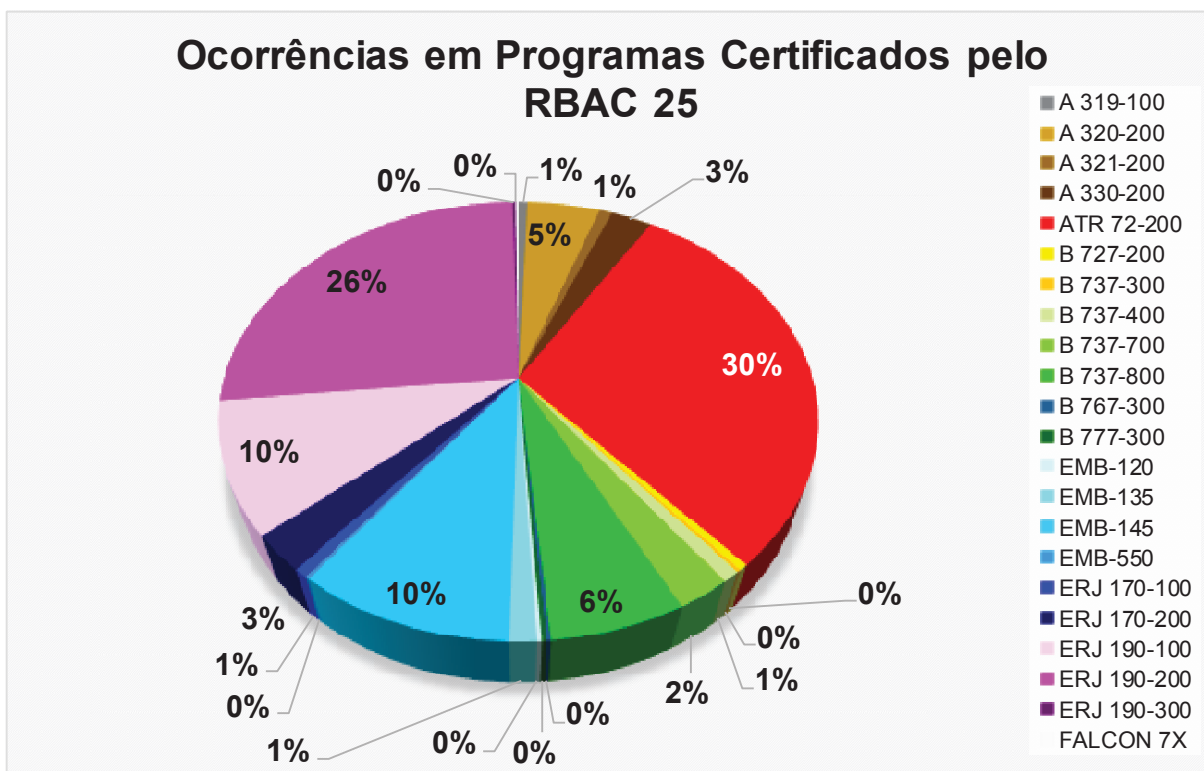
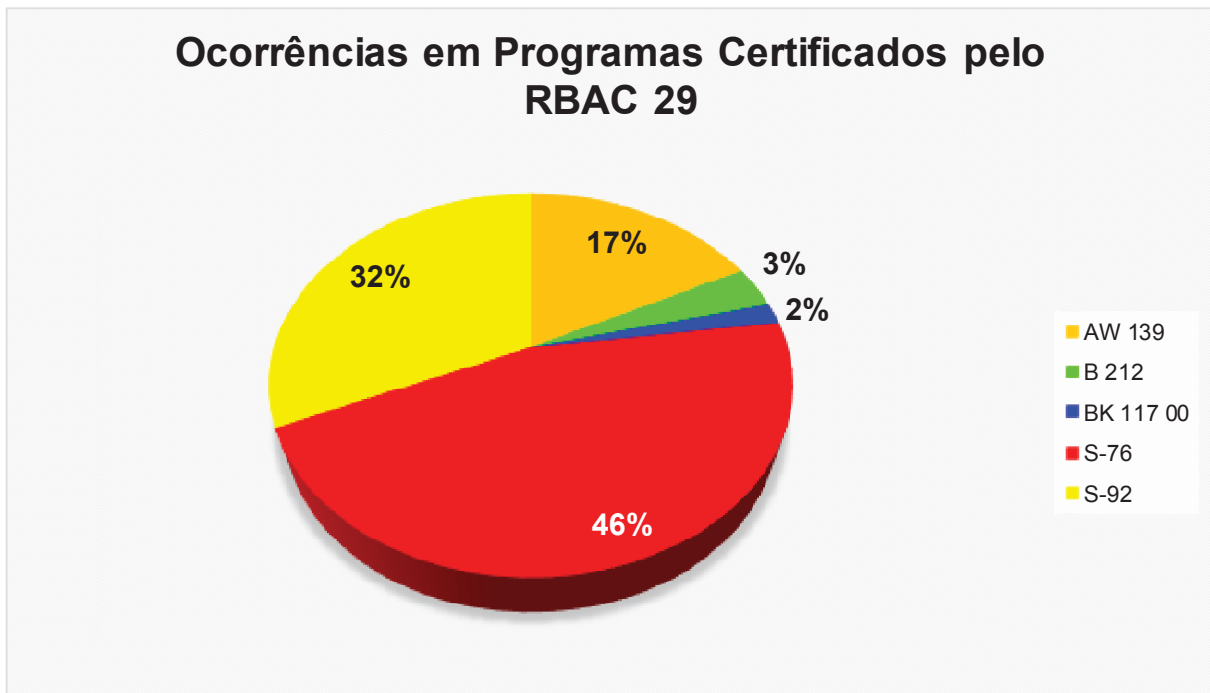


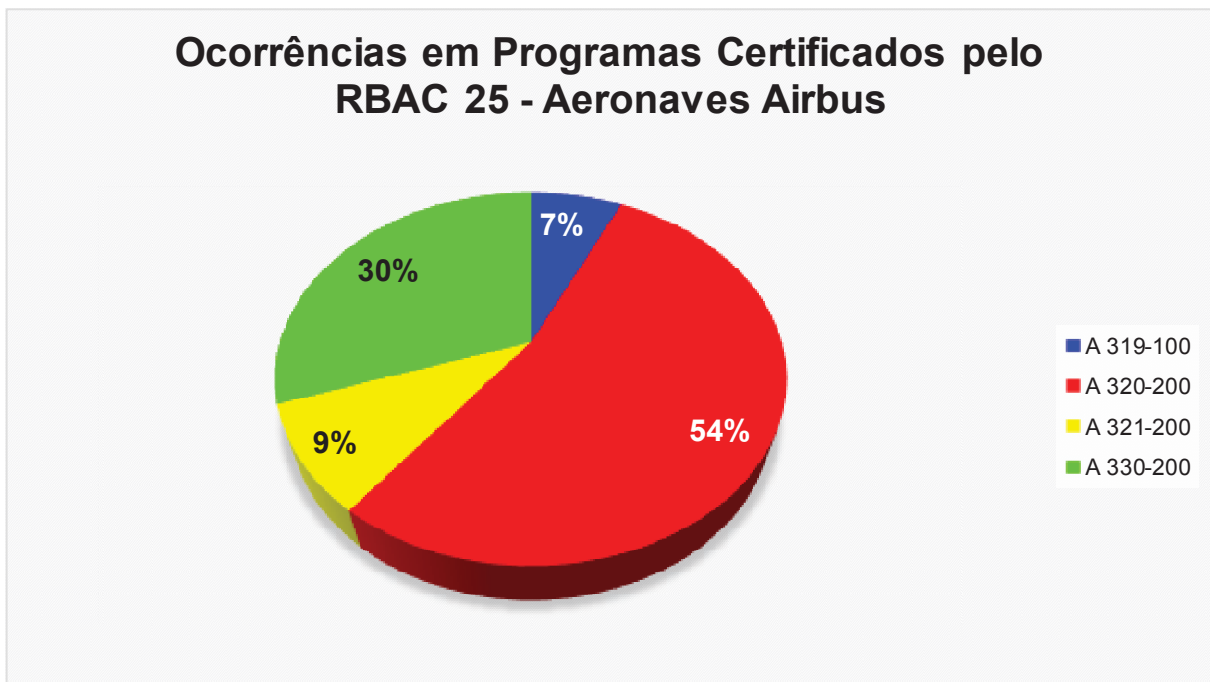
Figura 36 – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 25 (ANAC, 2019).





**Figura 37** – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 29 (ANAC, 2019).

Para as aeronaves dos fabricantes Airbus, Boeing e Embraer certificadas pelo RBAC 25 são mostradas as contribuições de cada programa nos relatórios recebidos (Figuras 38 a 40), assim como a contribuição de outros programas (Figura 41).



**Figura 38** – Incidência de cada programa para aeronaves Airbus (ANAC, 2019).

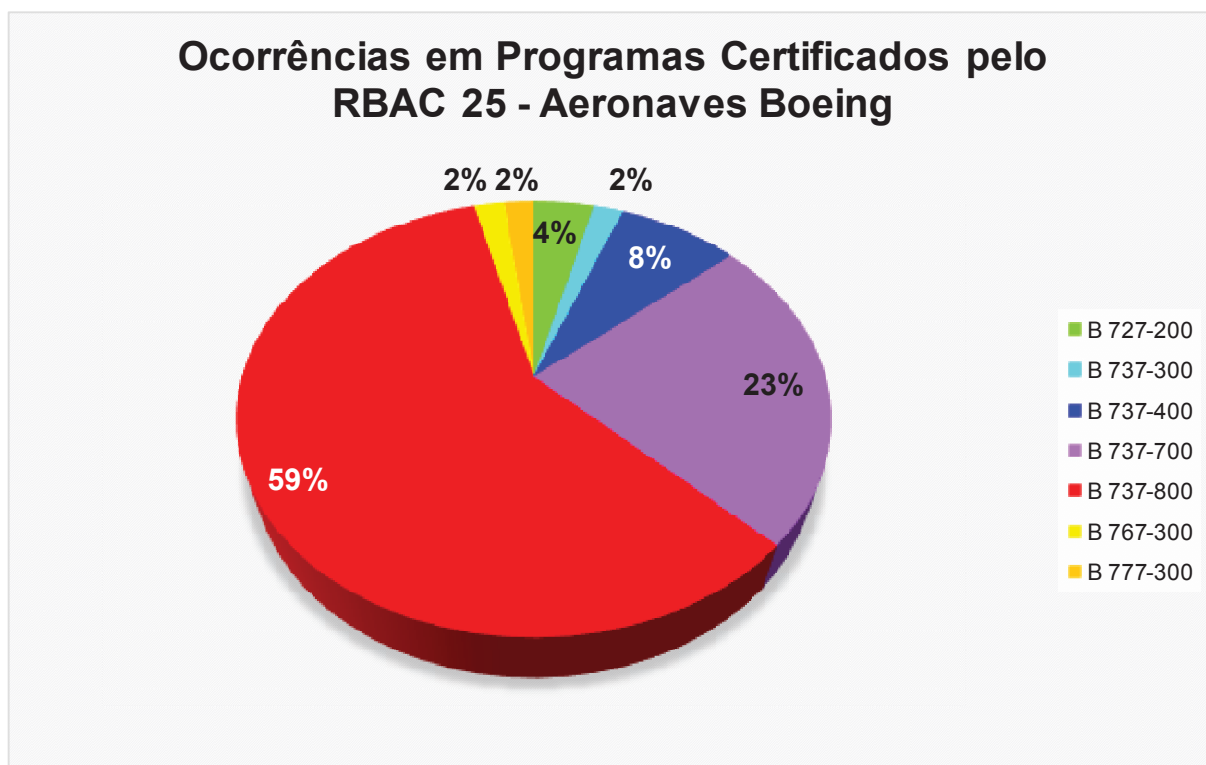


Figura 39 – Incidência de cada programa para aeronaves Boeing (ANAC, 2019).

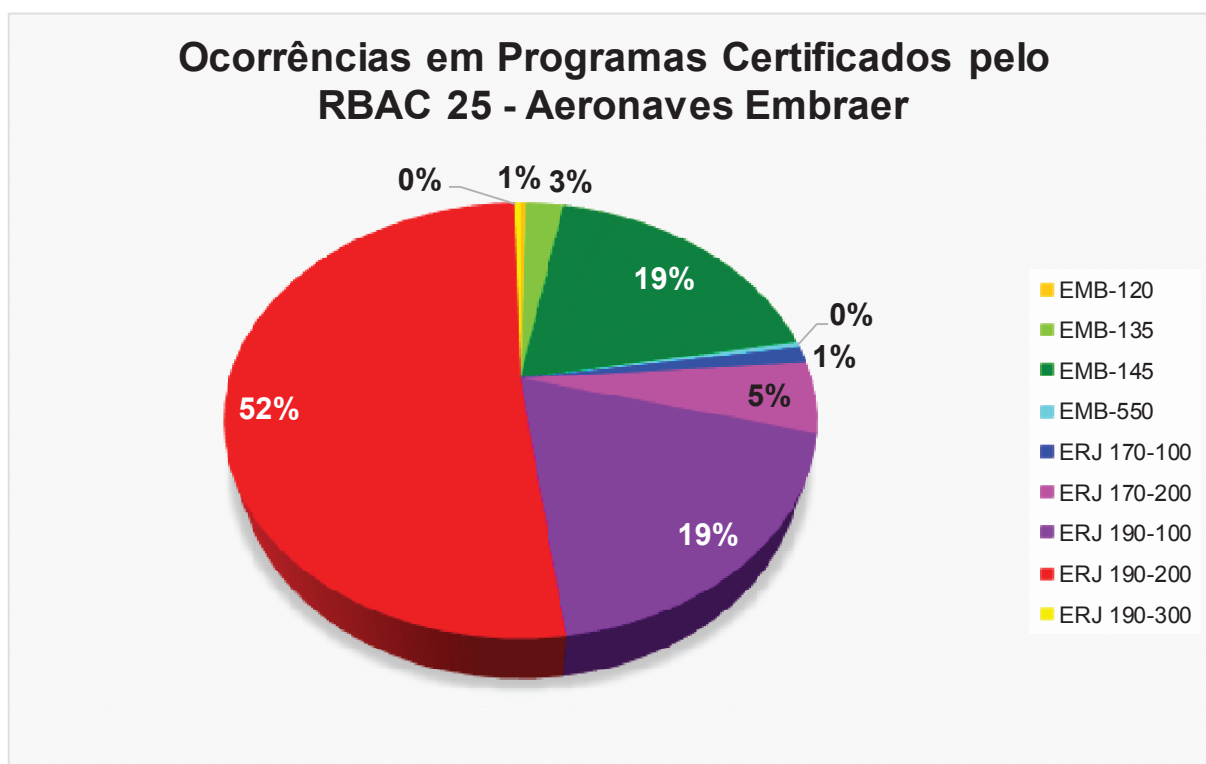


Figura 40 – Incidência de cada programa para aeronaves Embraer (ANAC, 2019).



Figura 41 – Incidência de outros programas (ANAC, 2019).

#### 6.1 OCORRÊNCIAS EM ALGUNS PROGRAMAS

Por fim, são apresentados os dados relativos as ocorrências associadas a alguns programas, em especial as aeronaves Airbus A320-200 (Figuras 42 e 43), ATR 72-200 (Figuras 44 a 47), Boeing 737-800 (Figuras 48 a 51), Embraer EMB-145 (Figura 52), Embraer ERJ 190-100 (Figura 53 a 55), Embraer ERJ 190-200 (Figuras 56 a 60) e Sikorsky S-76 (Figura 61 a 63).

a) Programa Airbus A320-200.

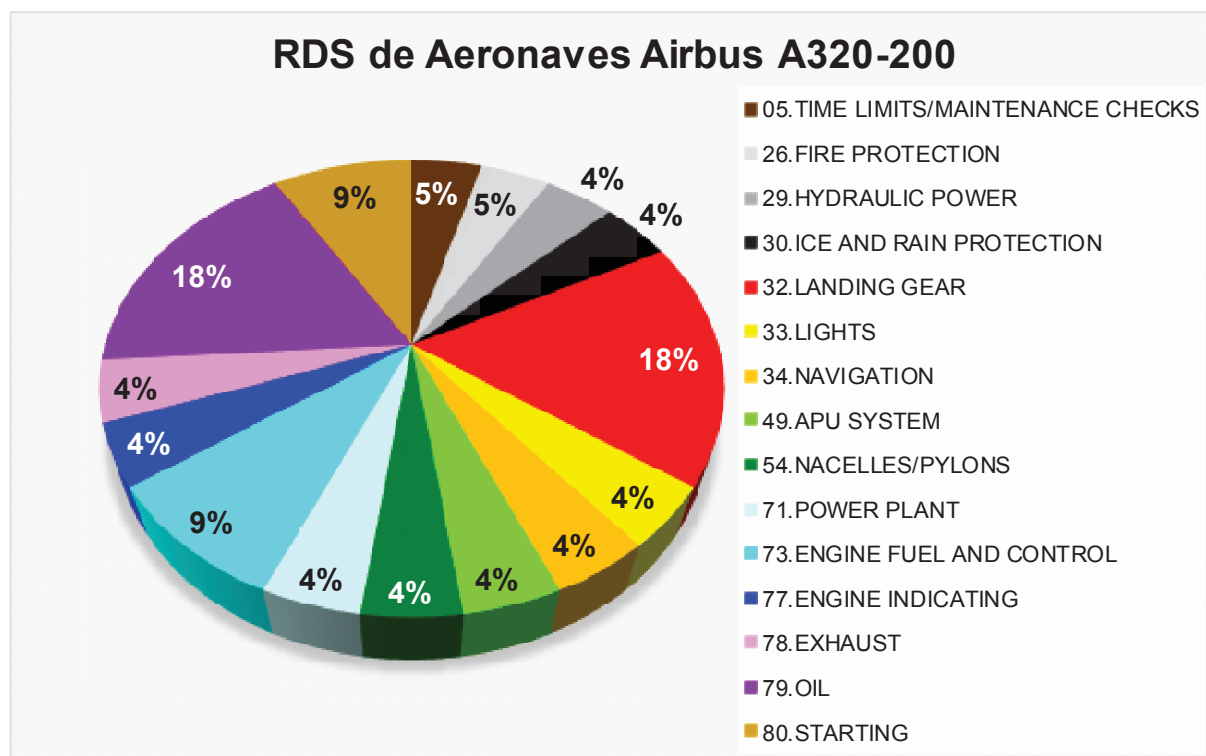


Figura 42 – Ocorrências no programa Airbus A320-200 (ANAC, 2019).

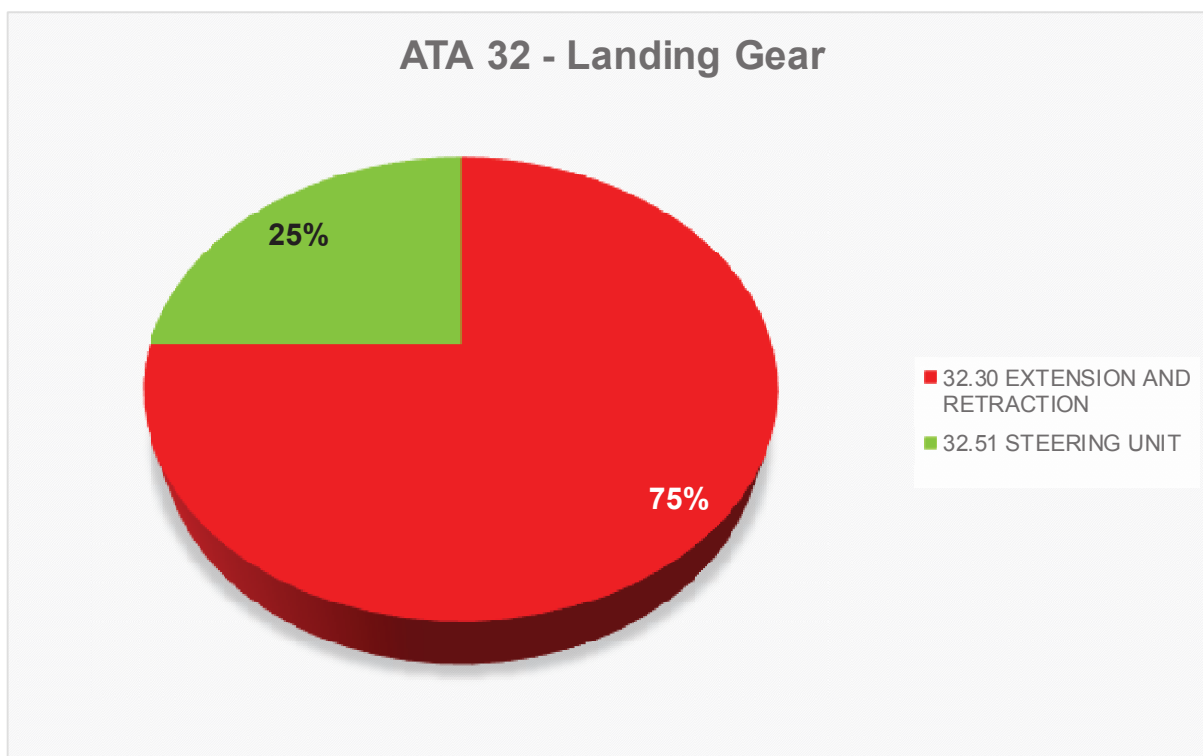


Figura 43 – Ocorrências no programa Airbus A320-200 relativas ao código ATA 32 (ANAC, 2019).

b) Programa ATR 72-200.

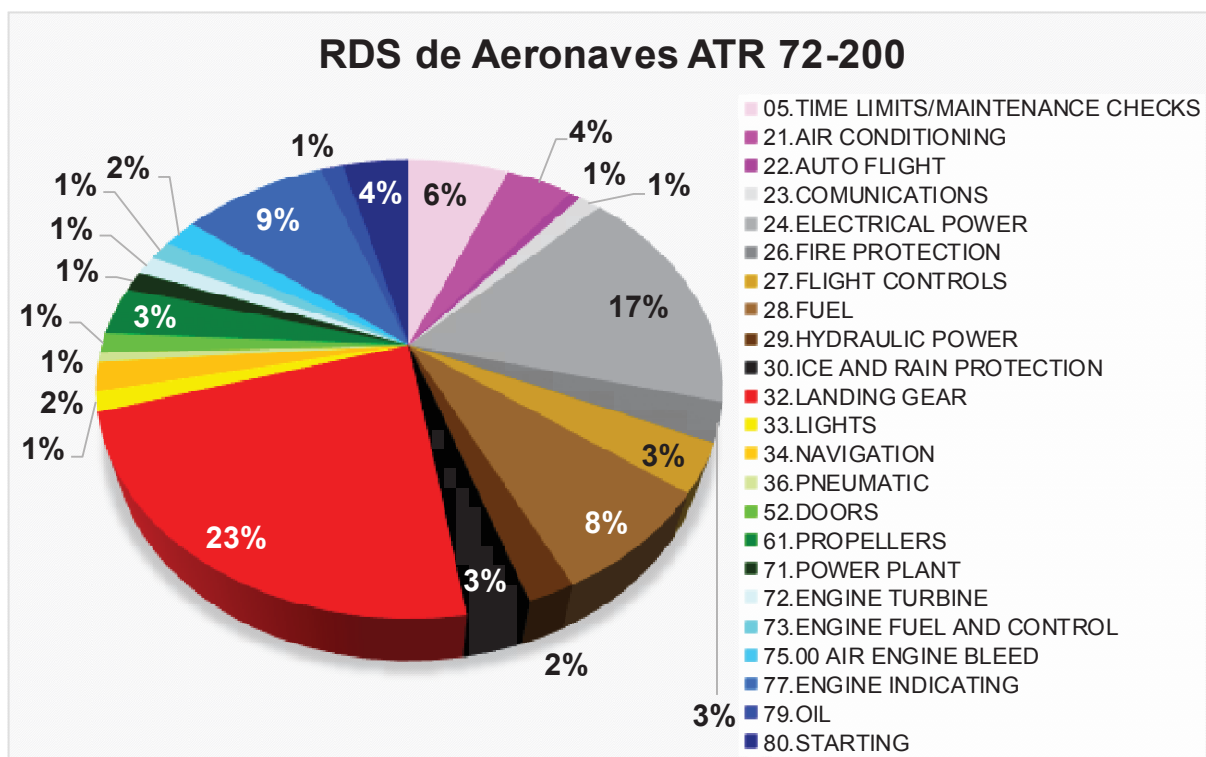


Figura 44 – Ocorrências no programa ATR 72-200 (ANAC, 2019).

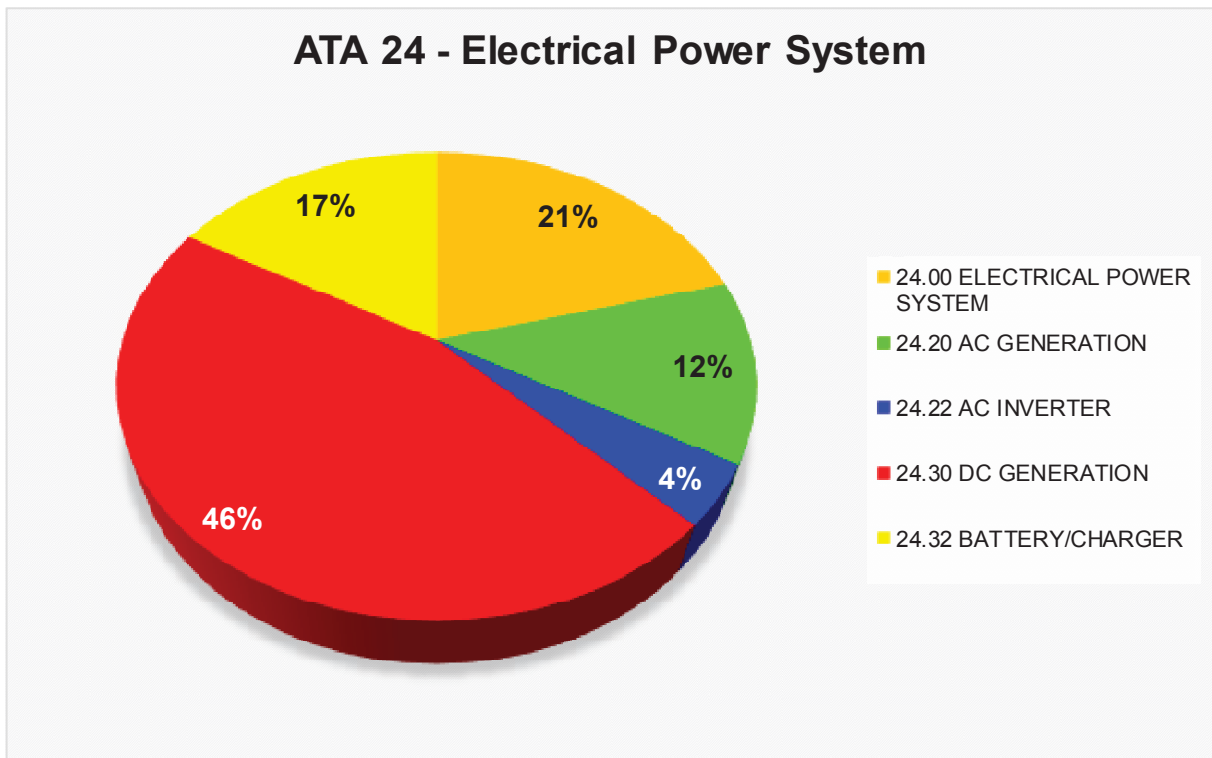


Figura 45 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas à ATA 24 (ANAC, 2019).

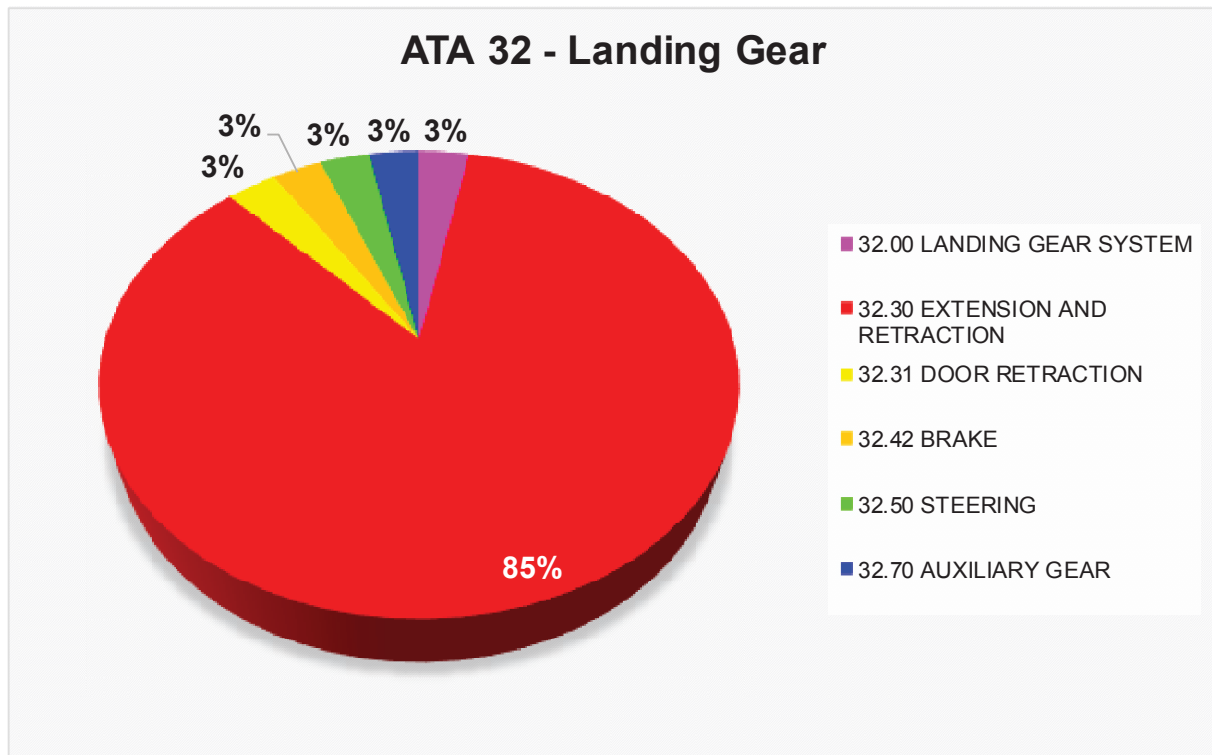


Figura 46 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas à ATA 32 (ANAC, 2019).

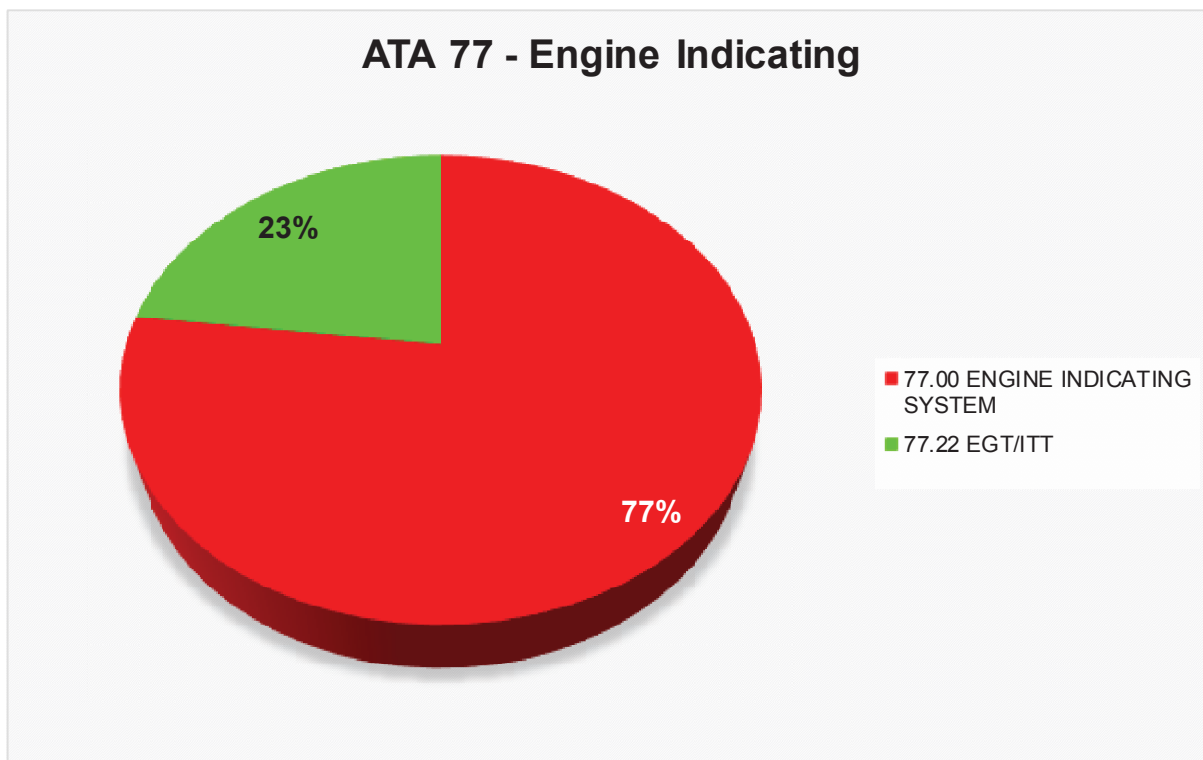


Figura 47 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas à ATA 77 (ANAC, 2019).

c) Programa Boeing 737-800.

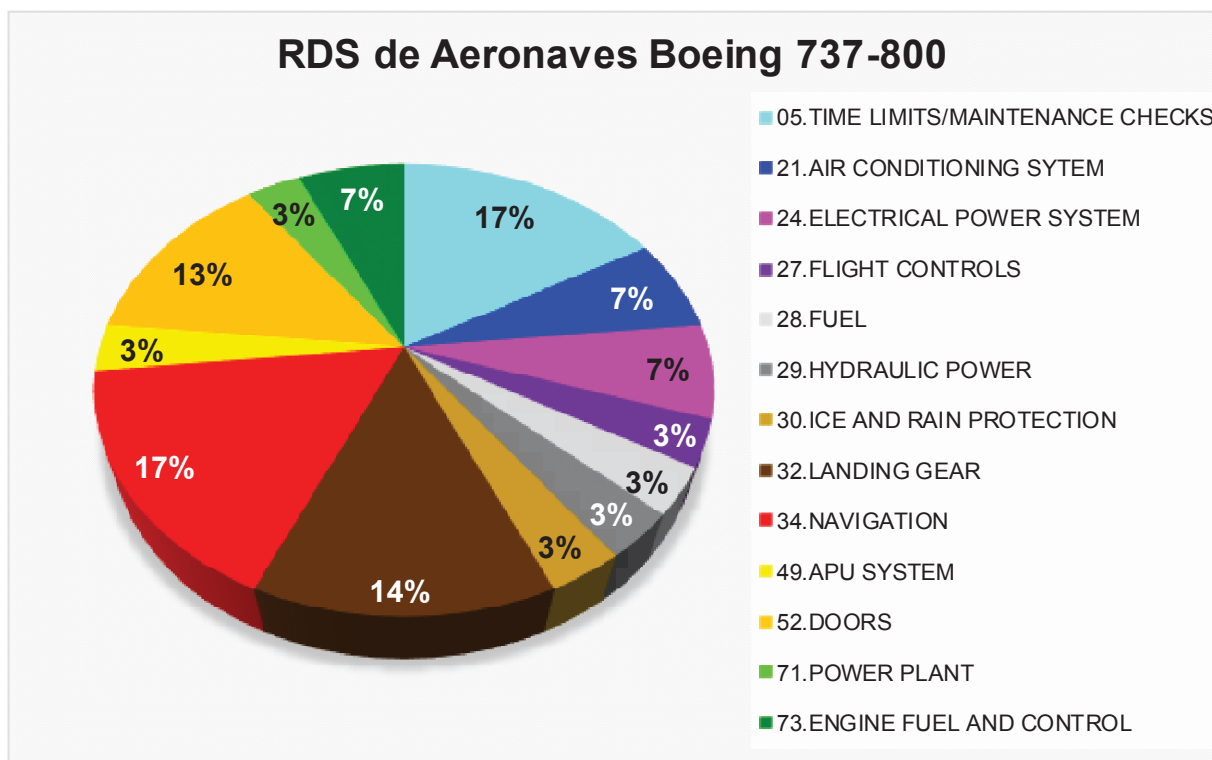


Figura 48 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 (ANAC, 2019).

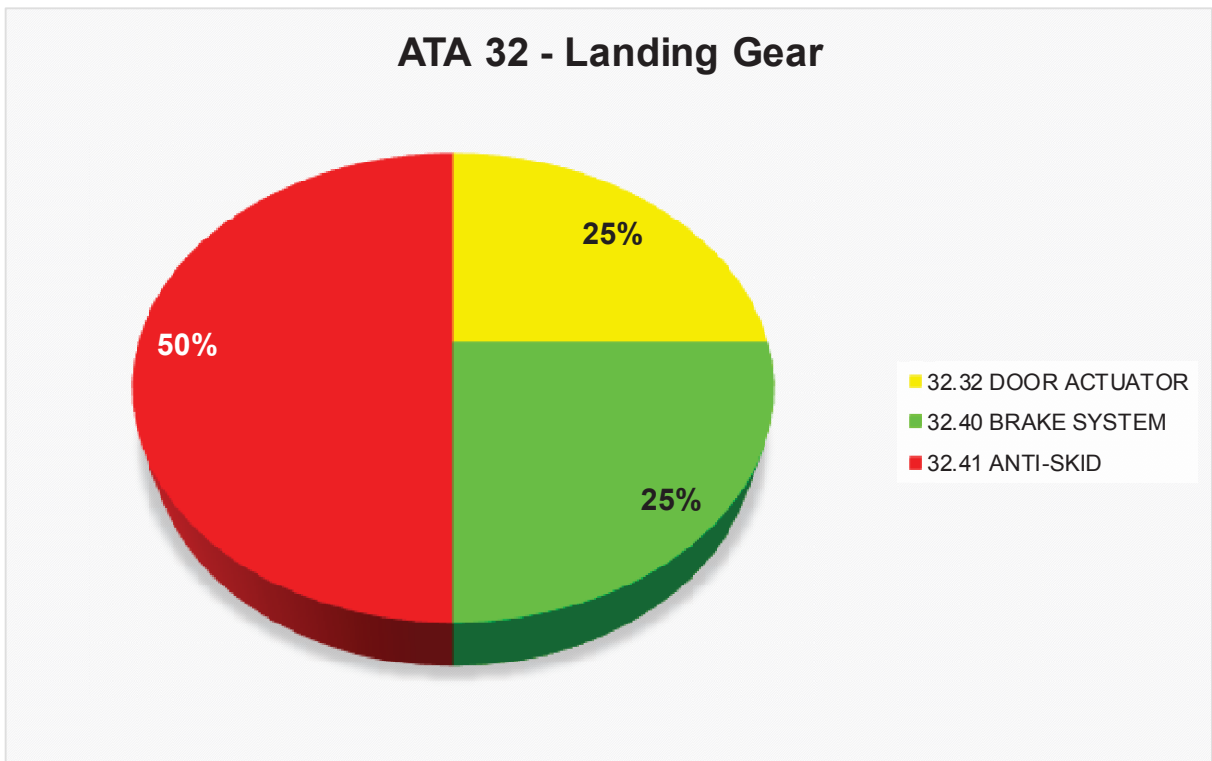


Figura 49 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 32 (ANAC, 2019).

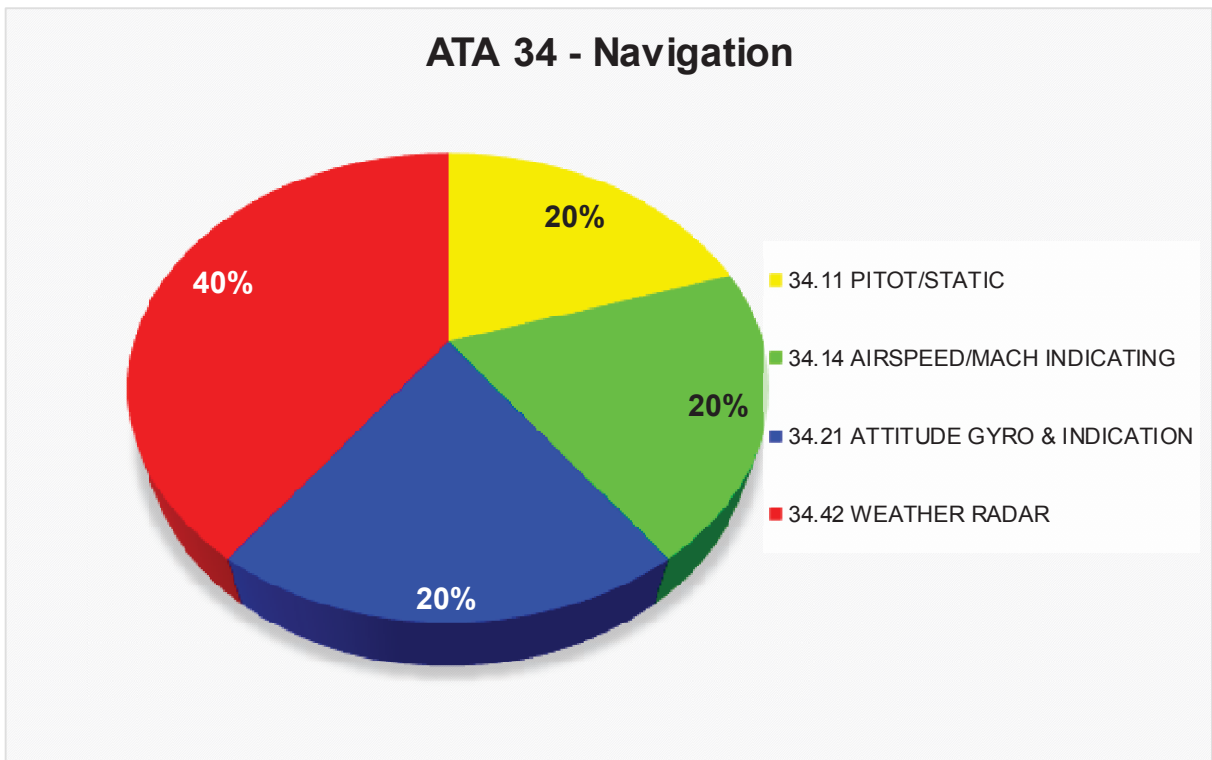


Figura 50 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 34 (ANAC, 2019).

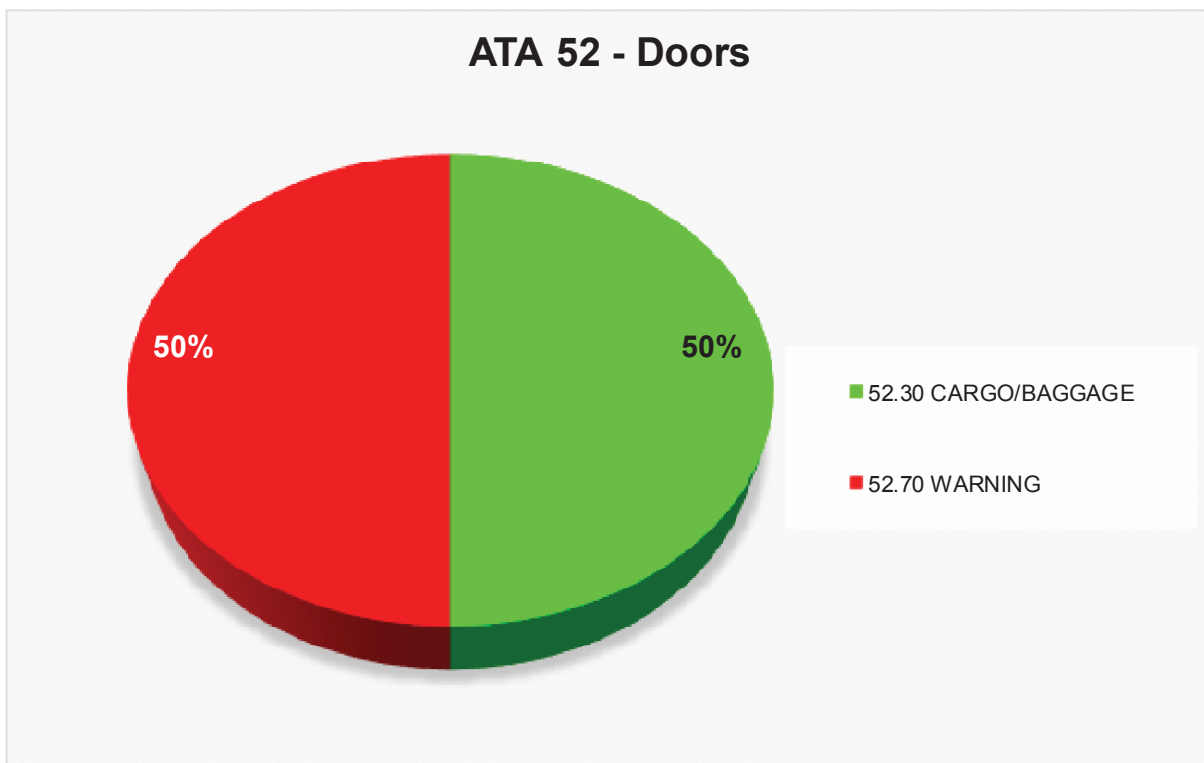


Figura 51 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 52 (ANAC, 2019).

d) Programa Embraer EMB-145.

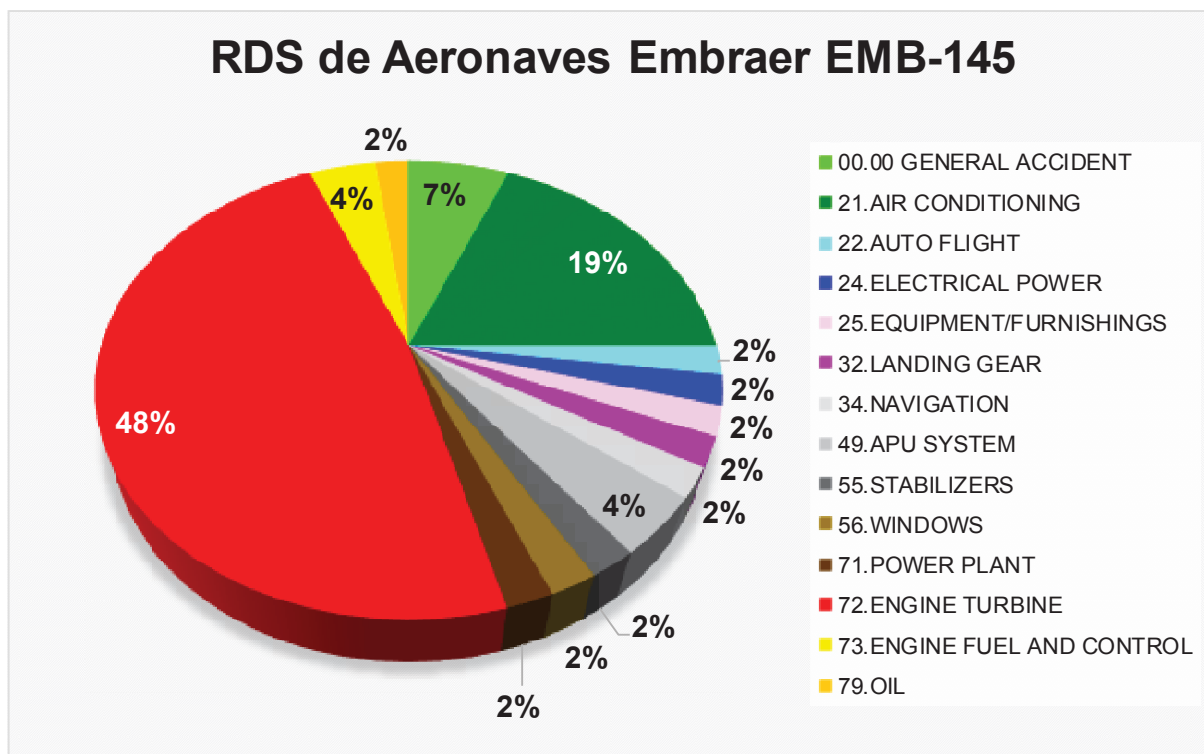


Figura 52 – Ocorrências no programa Embraer EMB-145 (ANAC, 2019).



e) Programa Embraer ERJ 190-100.

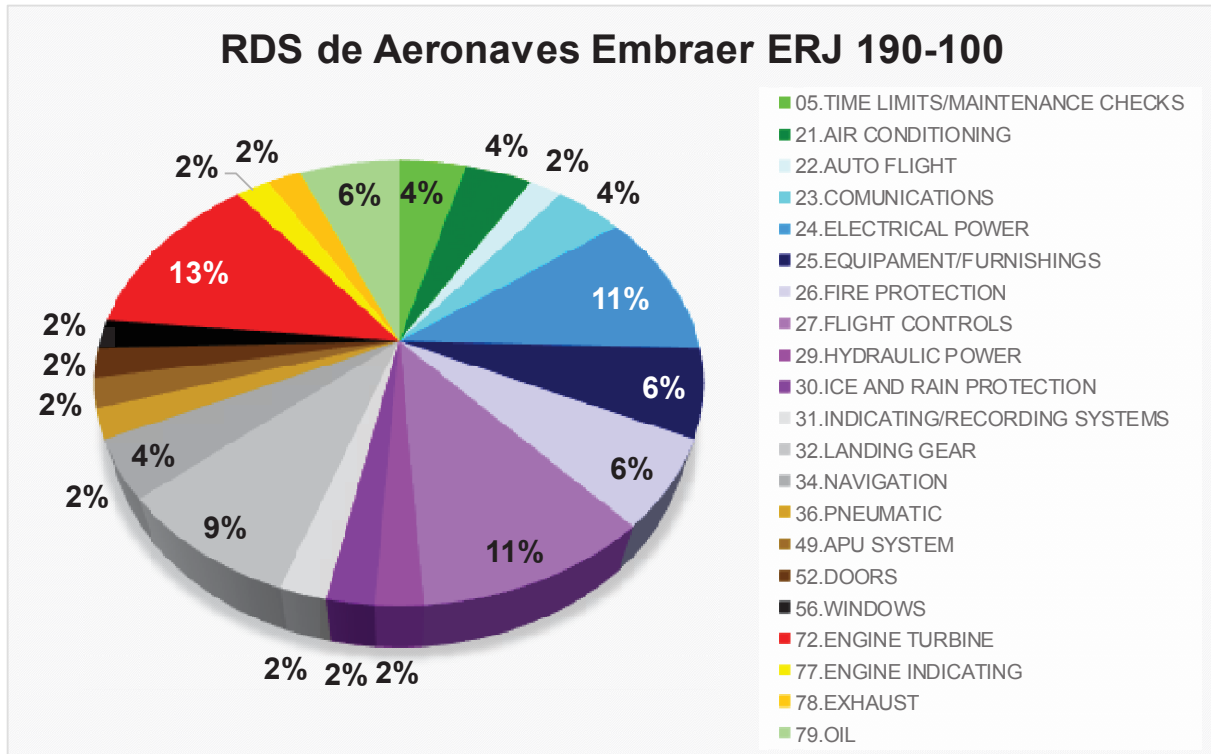


Figura 53 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 (ANAC, 2019).

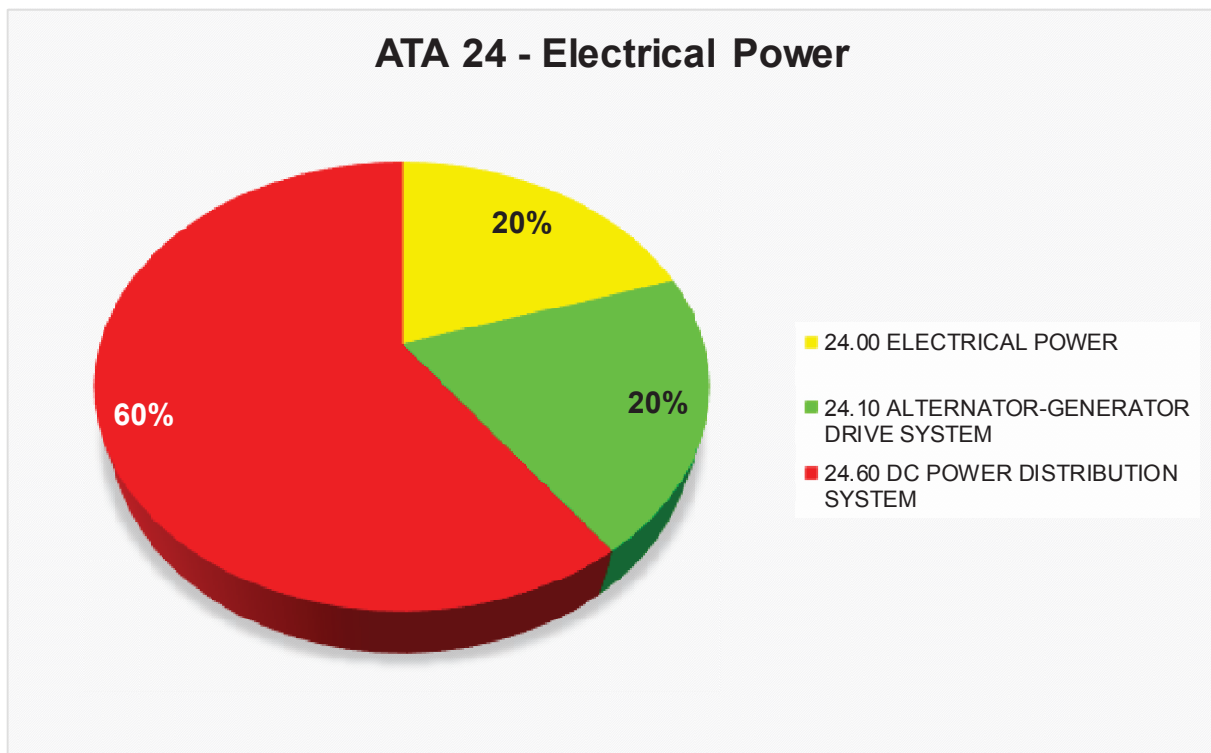


Figura 54 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 relativas a ATA 24 (ANAC, 2019).

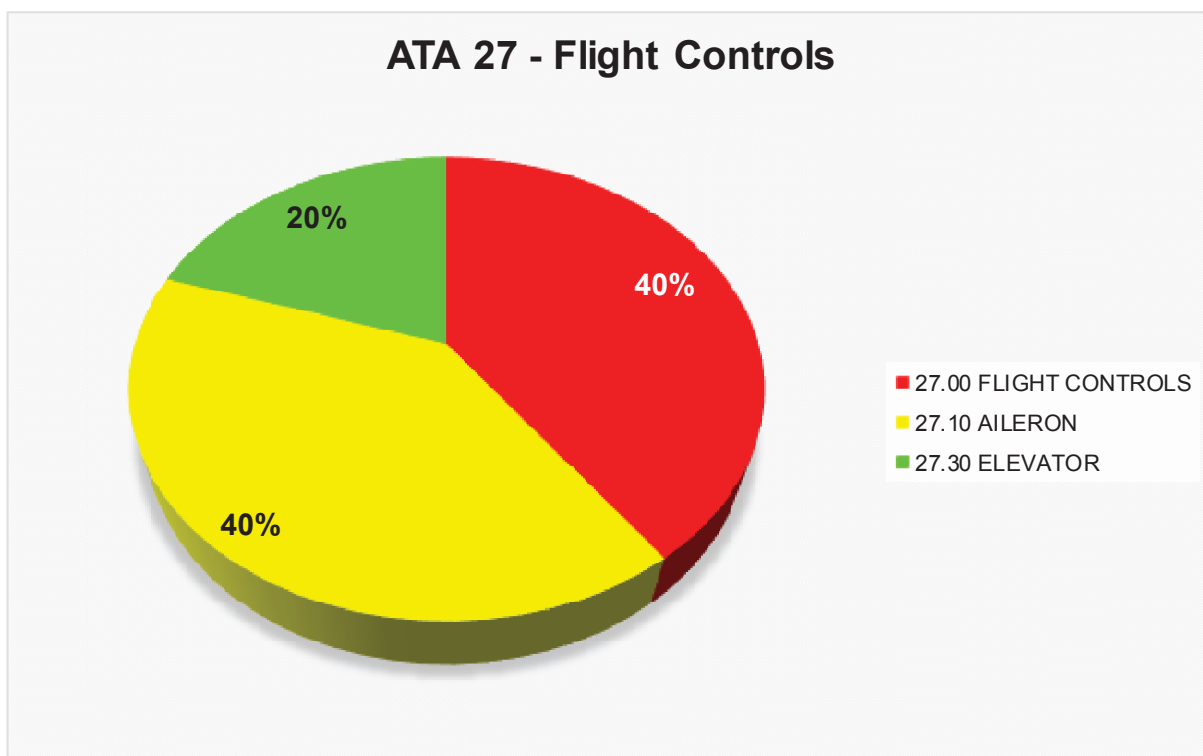


Figura 55 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 relativas à ATA 27 (ANAC, 2019).

f) Programa Embraer ERJ 190-200.

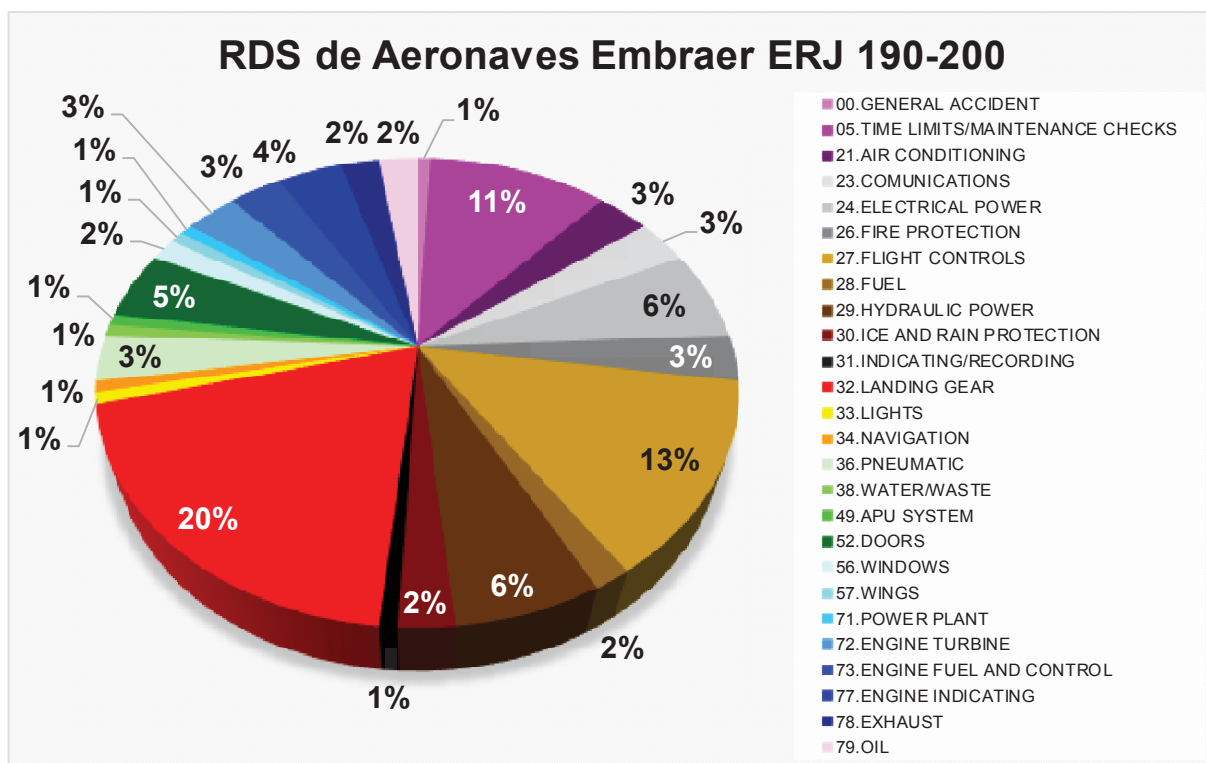


Figura 56 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 (ANAC, 2019).

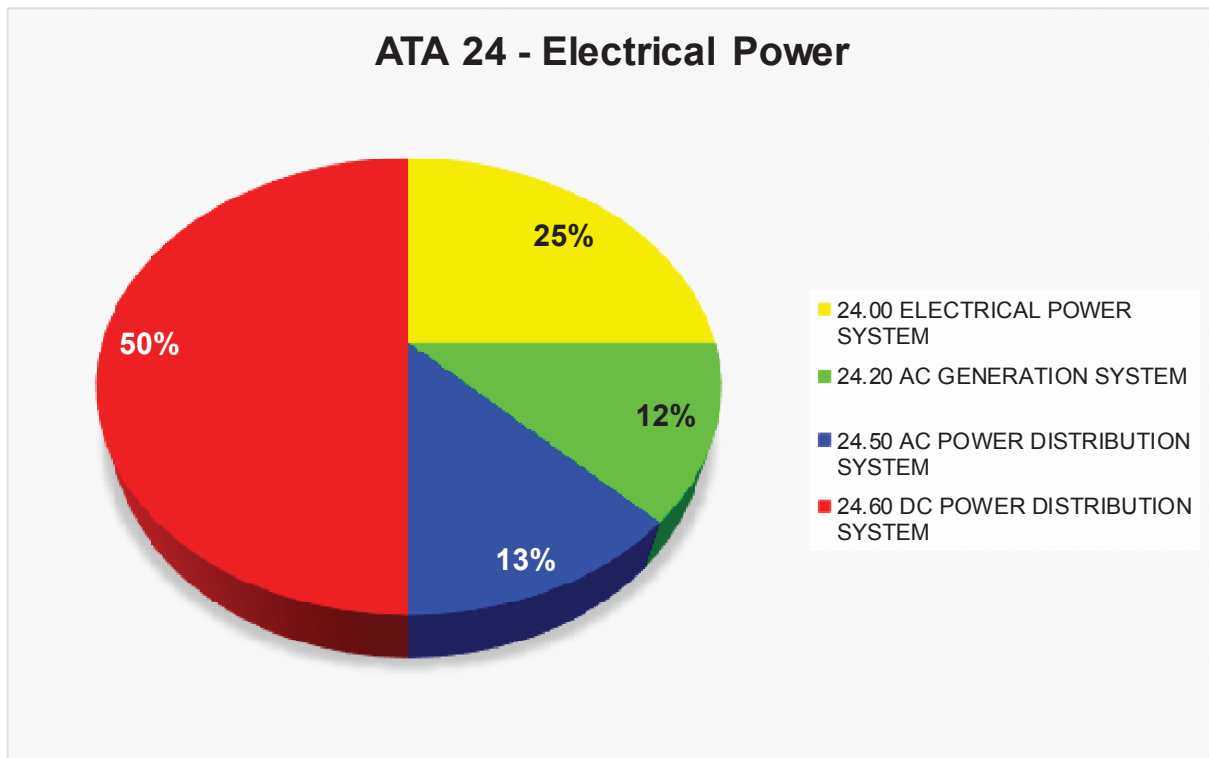


Figura 57 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 relativas à ATA 24 (ANAC, 2019).

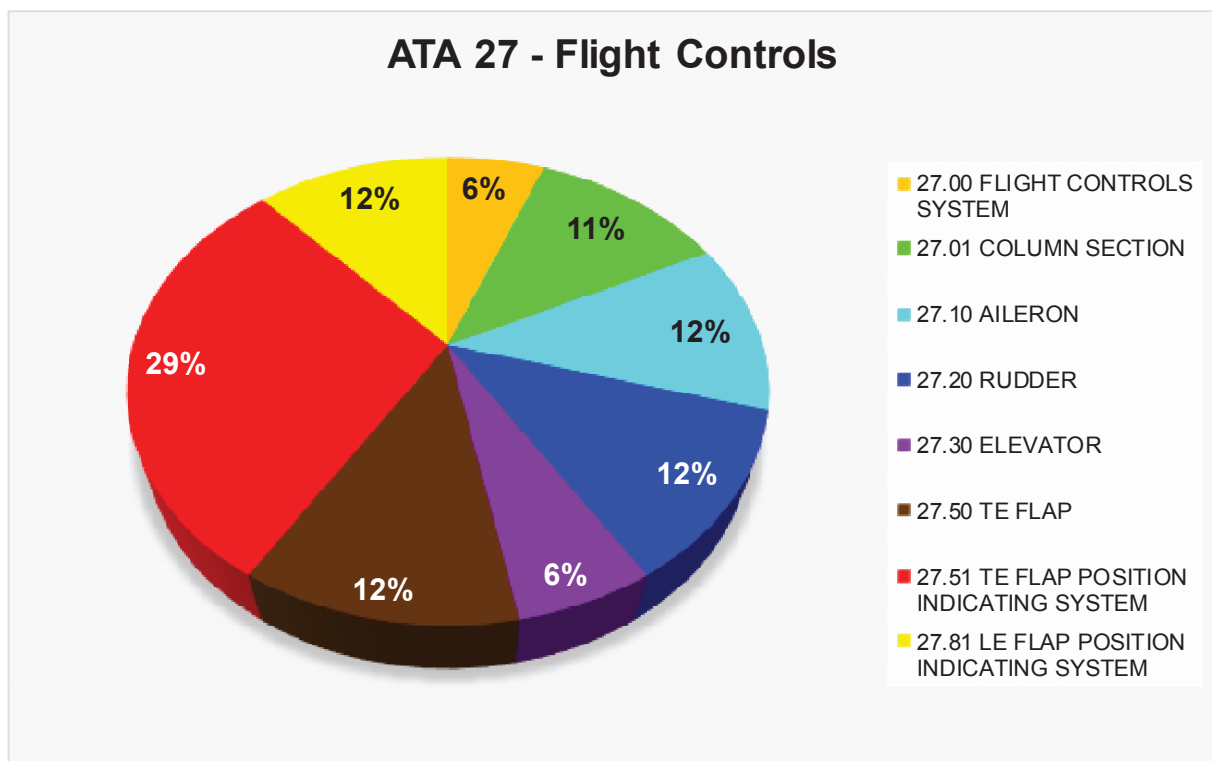


Figura 58 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 relativas à ATA 27 (ANAC, 2019).

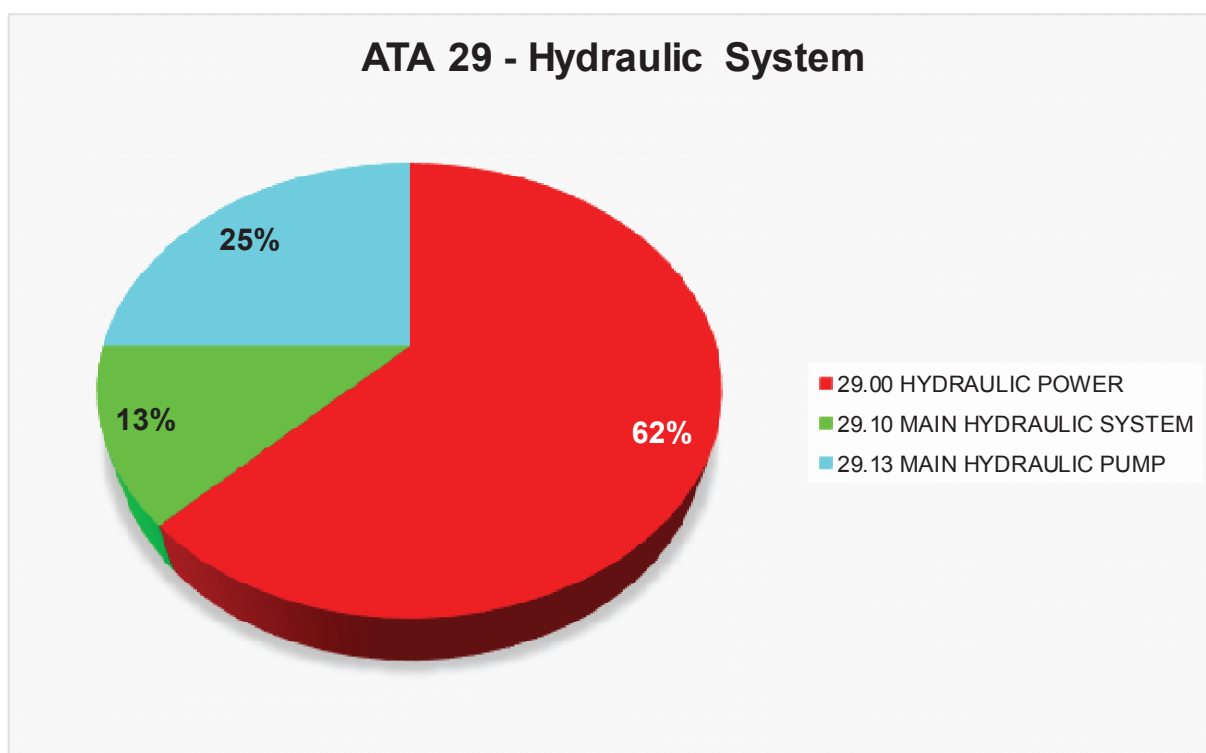


Figura 59 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 relativas à ATA 29 (ANAC, 2019).

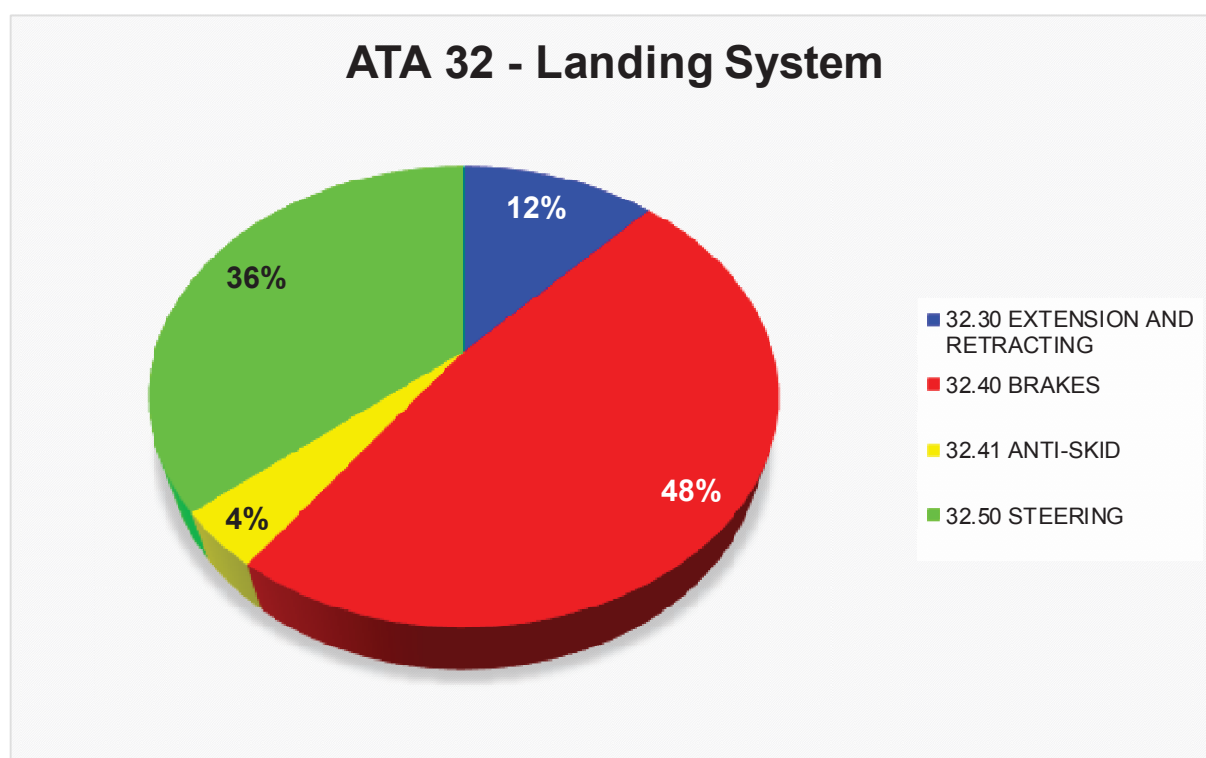


Figura 60 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-100 relativas à ATA 32 (ANAC, 2019).

g) Programa Sikorsky S 76.

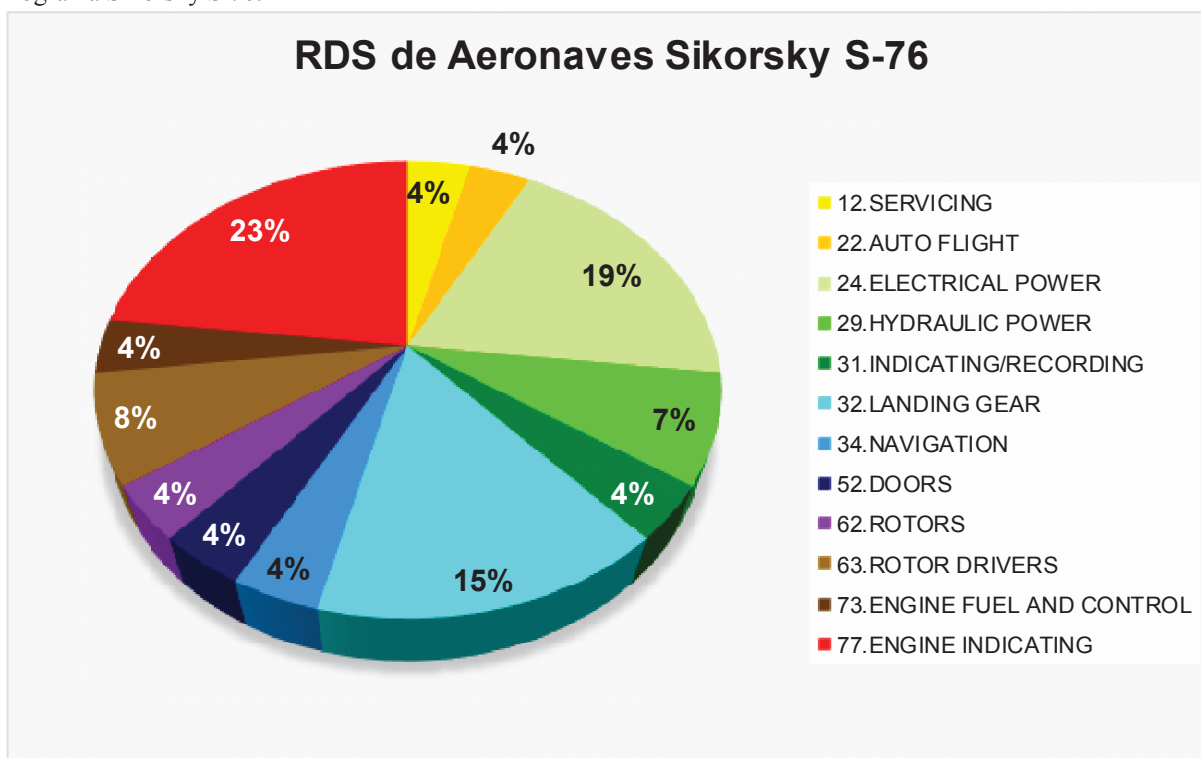


Figura 56 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 (ANAC, 2019).

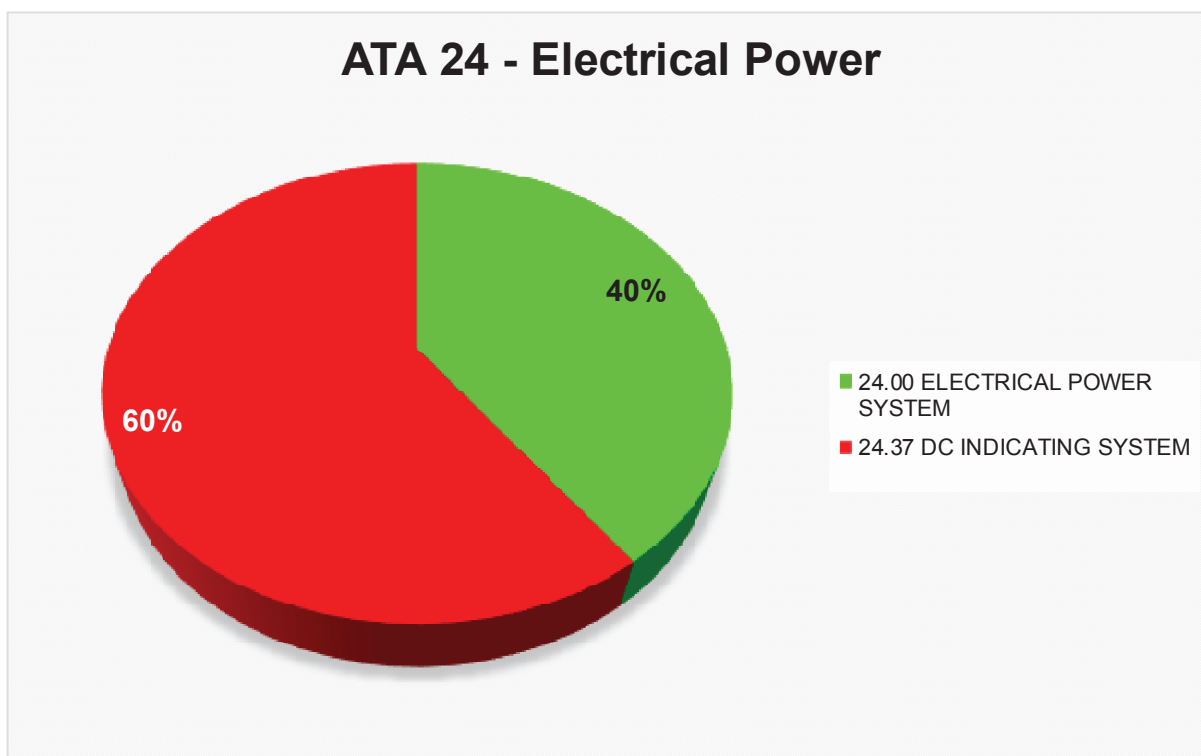
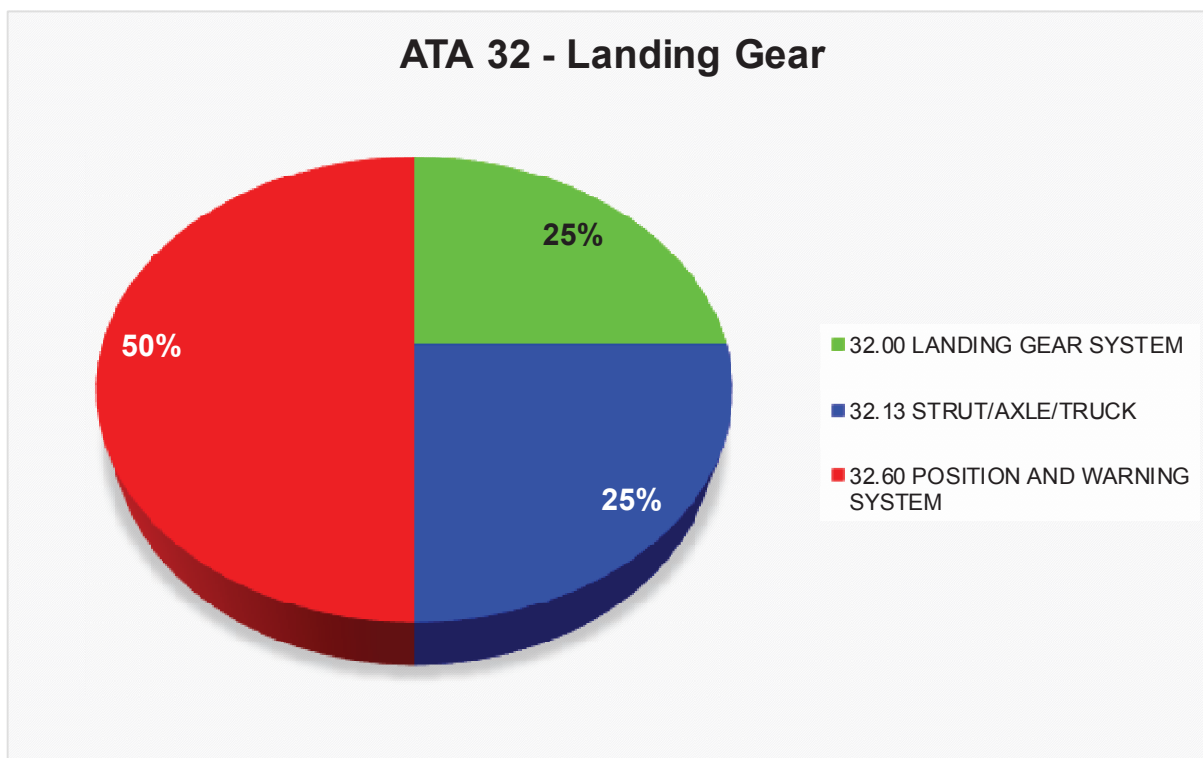


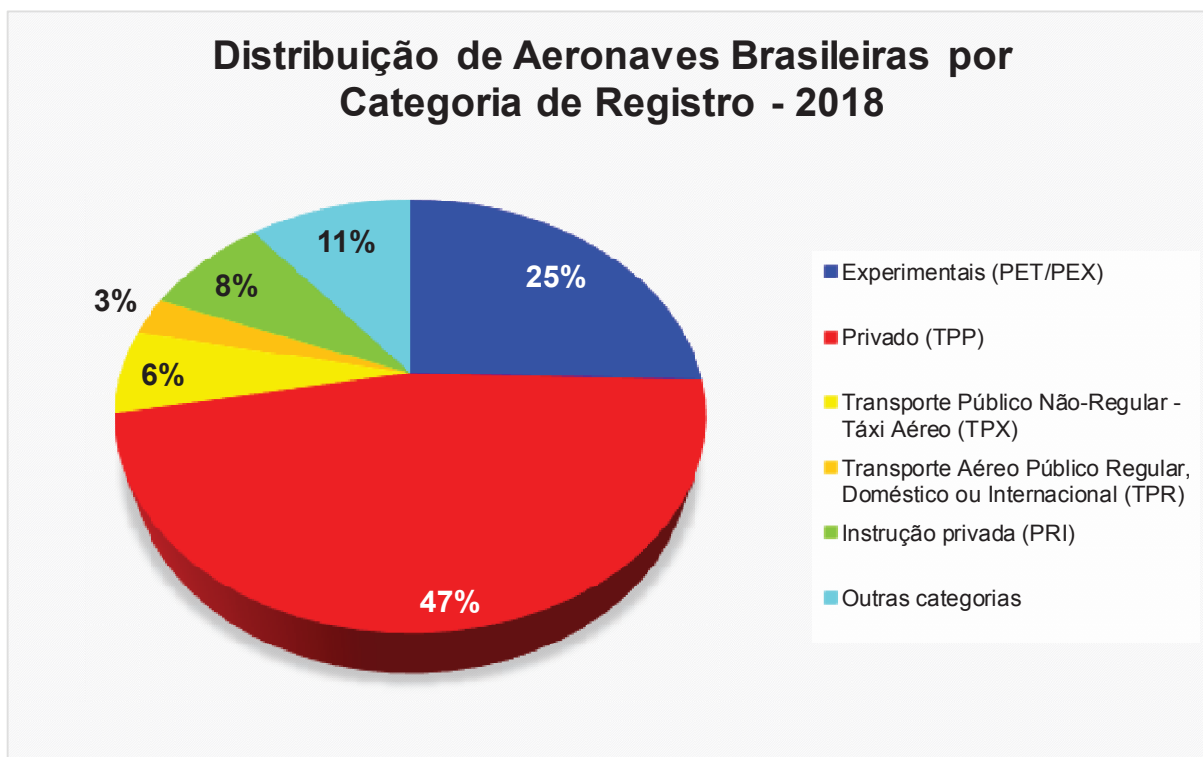
Figura 56 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 relativas à ATA 24 (ANAC, 2019).



**Figura 56** – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 relativas à ATA 32 (ANAC, 2019).

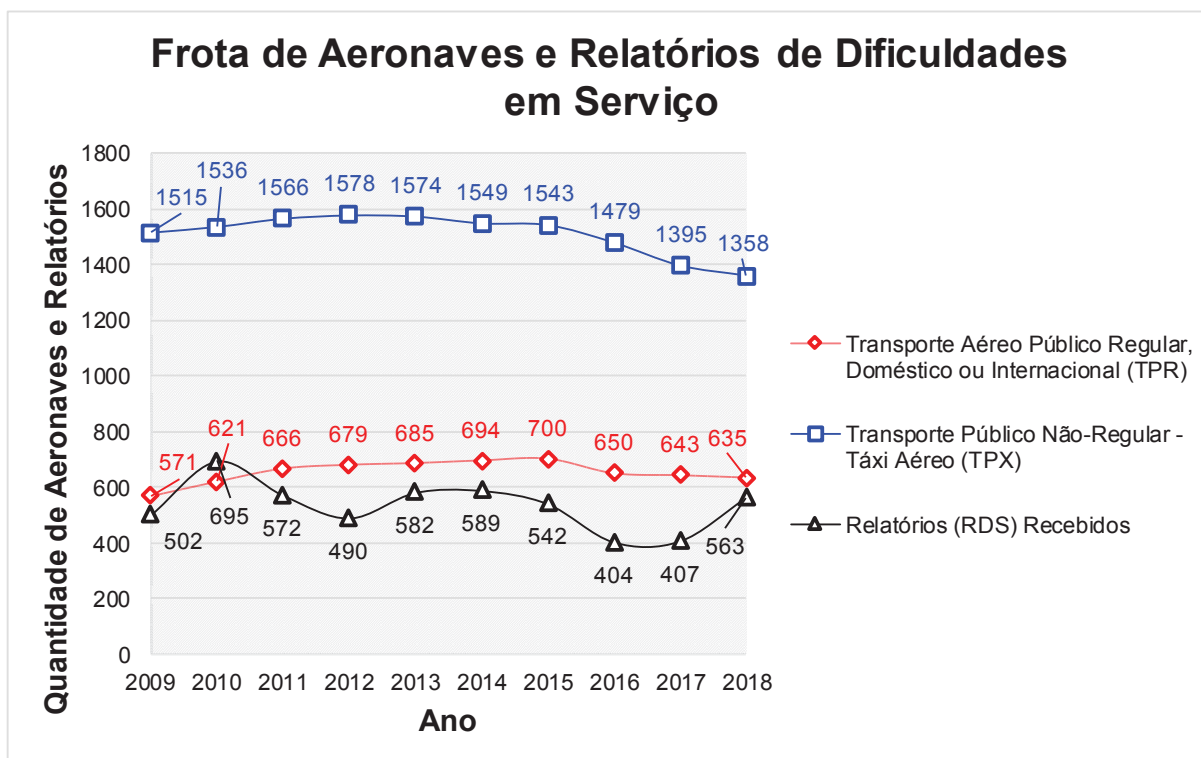
## 7 COMPOSIÇÃO E EVOLUÇÃO DA FROTA DE AERONAVES

A seguir são mostrados os dados ilustrativos da composição da frota brasileira de aeronaves do ano de 2018 (ANAC, 2018).



**Figura 57** – Composição da frota brasileira de aeronaves em 2018 (ANAC, 2018)

A Figura 58 ilustra a evolução da frota brasileira de aeronaves que integram as empresas aéreas regidas pelo RBAC 121 e pelo RBAC 135. Notar também o total de relatórios de dificuldades em serviço recebidos pela ANAC desde 2009 até 2018. Para um total de 22189 aeronaves registradas (incluindo-se as aeronaves TPR e TPX) recebeu-se apenas 563 relatórios de dificuldades em serviço (ANAC, 2018).



**Figura 58** – Evolução da frota brasileira de aeronaves (ANAC, 2018)

De acordo com os dados da ANAC tem-se 523 empresas de manutenção de produto aeronáutico certificadas pelo RBAC 145 com bases no Brasil e 151 com bases no exterior (ANAC, 2019).

## 8 CONCLUSÕES

Contrariando os anos anteriores, houve dois relatórios de dificuldades em serviço comunicados por organizações de manutenção de produto aeronáutico certificadas pelo RBAC 145, o que ainda é bem pouco, considerando-se a quantidade destas empresas certificadas no Brasil (POSSI, 2016), (POSSI, 2017) e (POSSI, 2018).

Novamente em 2018 houve predominância dos relatórios recebidos de empresas aéreas regidas pelo RBAC 121. Entretanto, conforme pode-se notar pelas composições de frotas descritas acima, tem-se quase o triplo de aeronaves registradas ou operando sob o RBAC 135. Ainda que se tenha poucos relatórios oriundos de empresas regidas pelo RBAC 135, um fato a ser considerado consiste no perfil operacional de cada uma dessas organizações.

Observa-se que a associação direta da quantidade de eventos com determinada empresa não deve, necessariamente, ser associada a problemas naquela organização. Em alguns casos, indica justamente o contrário, isto é, a comunicação dos eventos e o compartilhamento de dados indica a cultura de segurança difundida naquela organização.

Por fim, observa-se a importância da comunicação destes relatórios por parte das organizações reguladas. Estes relatórios possuem eventos associados, que sob determinadas condições, fornecem subsídios para que sejam verificadas as premissas utilizadas na certificação do projeto destas aeronaves, podendo inclusive servir de fonte de realimentação para uma modificação de projeto.

## AGRADECIMENTOS

A Agência Nacional de Aviação Civil pela oportunidade de aprimoramento contínuo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Aviação Civil [ANAC]. *Sistema Integrado de Informações da Aviação Civil*. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/saci/>. Acessado em 25 de fevereiro de 2019.

\_\_\_\_\_. <https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/AIR145Processos.asp>. Acessado em 26 de fevereiro de 2019.

\_\_\_\_\_. *Aeronaves*. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves>. Acessado em 18 de dezembro de 2018.

\_\_\_\_\_. *Certificação de Produto Aeronáutico. RBAC 21*, Emd. 02, 2015.

\_\_\_\_\_. *Requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares. RBAC 121*, Emd. 03, 2014a.

\_\_\_\_\_. *Requisitos Operacionais: operações complementares e por demanda. RBAC 135*, Emd. 03, 2014b.

\_\_\_\_\_. *Organizações de Manutenção de Produto Aeronáutico. RBAC 145*, Emd. 01, 2014c.

- 
- \_\_\_\_\_. *Sistema de Dificuldades em Serviço. IS N° 00-001*, Revisão B, 2018.
- The Boeing Company, *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents – Worldwide Operations – 1959-2014.*, Seattle, 2015.
- De Florio, F., *Airworthiness: An Introduction to Aircraft Certification*, Elsevier, Oxford, 2011.
- Department Of Defense [DOD]. *Airworthiness Certification Criteria*. MIL-HDBK-516C, 2014.
- International Civil Aviation Organization [ICAO]. *Operation of Aircraft (Annex 6)*. Montreal: ICAO 2010a.
- \_\_\_\_\_. *Airworthiness (Annex 8)*. Montreal: ICAO, 2010b.
- Possi, R.J., *Dificuldades em Serviço na Aviação Civil Brasileira – Panorama de 2015*, Conexão SIPAER, 2016.
- Possi, R.J., *Dificuldades em Serviço na Aviação Civil Brasileira – Panorama de 2016*, Conexão SIPAER, 2017.
- Possi, R.J., *Dificuldades em Serviço na Aviação Civil Brasileira – Panorama de 2017*, Conexão SIPAER, 2018.
- ....