

CONEXÃO SIPAER



Revista Científica de Segurança de Aviação



Revista Conexão Sipaer, Volume 9, Número 3 – Set/Dez 2018

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)3364-8834
Fax: +55(61)3365-1004
E-mail: 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. 9, n. 3 (Dez. 2018), Brasília: CENIPA, 2018.

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

Andreas Lubitz: um olhar da psiquiatria para o copiloto do voo 9525 da Germanwings	2-11
Daniele Guedes Silveira Caio Cesar Leite Barros	
Fadiga na aviação civil: um desafio à investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos	12-21
Simone Kelli Cassiano	
Cobertura vegetal em aeroportos e Gerenciamento de Risco de Fauna: uma visão agrônoma	22-30
Francisco H. Dübbern de Souza Marcos Rafael Gusmão	
Avaliação econômica do Programa de Manutenção de Aeronaves Comerciais por meio de escalonamento dos intervalos de inspeções	31-45
Jonas Vieira Andrade Junior José Helvécio Martins Wanyr Romero Ferreira Alan Kardek Rêgo Segundo	
Emergências médicas em voo: um estudo de caso na Azul Linhas Aéreas Brasileiras	46-58
Lucas dos Santos Boneli Guido César Carim Júnior Michele dos Santos Gomes da Rosa Marlise Araújo dos Santos Nathan Lando Nunes	

Notas

Dificuldades em serviço na aviação civil brasileira – panorama de 2017	59-81
Rogério Possi Junior	
Neurocognição e o emprego de aeronaves tecnologicamente avançadas: um novo campo a ser explorado na segurança de voo	82-90
Maurício Lorenzini Coelho Margareth Hasse	

Apresentação

Adriana de Barros Nogueira de Mattos ^{1,2}

1 Editora Gerente da Revista Científica Conexão SIPAER

2 adrianaabnm@fab.mil.br

Vimos agora reiterar a aceitação da Revista Conexão SIPAER (RCS) no âmbito da comunidade científica e aeronáutica. Nos últimos dois anos, considerando que a RCS é revista com publicação quadrimestral, tivemos o contentamento de haver cumprido nossa meta de três publicações anuais. Registre-se a elevada contribuição dos conteúdos publicados para a comunidade aeronáutica.

Nesta publicação, referente ao período de setembro a dezembro de 2018, oferecemos ao leitor cinco artigos e duas notas de pesquisa, que certamente irão acrescentar novos conhecimentos aos interessados.

Aproveitamos a oportunidade para agradecer à Equipe Editorial da RCS e aos constantes autores e leitores que nos prestigiam com atenção e deferência.

Por fim, desejamos a todos um produtivo 2019, com novas ideias e contribuições à produção científica para o relevo de nossas publicações.

Com um cordial abraço,

*Adriana Mattos,
Editora-Gerente da RCS.*

Andreas Lubitz: um olhar da psiquiatria para o copiloto do voo 9525 da Germanwings

CC (Md) Daniele Guedes Silveira¹, CT (Md) Caio Cesar Leite Barros^{2,3}

1 Capitão de Corveta da Marinha do Brasil, Médica com Residência em Psiquiatria, Médica com Curso Especial de Medicina de Aviação para Oficiais.

2 Capitão-Tenente Médico com Aperfeiçoamento em Psiquiatria pela Marinha do Brasil, Médico com Curso Especial de Medicina de Aviação para Oficiais e Médico do Esquadrão HI-1

3 caiocesar.lb@gmail.com

RESUMO: Em março de 2016, o órgão francês de segurança da aviação civil, *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA), emitiu o seu relatório final sobre o acidente aeronáutico ocorrido em 24 de março de 2015, nos Alpes Franceses, que vitimou 150 pessoas. Naquele dia, a aeronave Airbus A320 da empresa Germanwings fazia o voo 9525, entre Barcelona (Espanha) e Düsseldorf (Alemanha). O relatório final concluiu que a queda do avião foi provocada de maneira intencional pelo copiloto, Andreas Lubitz, além de fazer referências a dois episódios depressivos, sintomas psicóticos, uso de antidepressivos e recomendações de internações em serviços de psiquiatria para o aeronavegante. Dessa maneira, o artigo buscou fazer uma interpretação psiquiátrica da condição clínica de Andreas Lubitz. A falta de comunicação entre os médicos assistentes e a empresa aérea, o sigilo médico, a baixa adesão do paciente às recomendações médicas, a dissimulação de sintomas, questões financeiras ligadas ao afastamento do trabalho e falhas no *Cockpit Resource Management* (CRM), podem ter contribuído para que o copiloto estivesse sentado no *cockpit* da aeronave no dia do acidente.

Palavras Chave: Depressão, Aviação, Medicina Aeroespacial.

Andreas Lubitz: a look from psychiatry to the copilot of Flight 9525 from Germanwings.

ABSTRACT: In March 2016, the French civil aviation safety agency, *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA), issued its final report on the aeronautical accident on 24 March 2015, In the French Alps, which killed 150 people. On that day, the Airbus A320 aircraft of Germanwings was on flight 9525 between Barcelona (Spain) and Düsseldorf (Germany). The final report concluded that the crash was intentionally provoked by co-pilot Andreas Lubitz, and made reference to two depressive episodes, psychotic symptoms, use of antidepressants and recommendations for admission to psychiatry services for the aircraft carrier. The article sought to make a psychiatric interpretation of the clinical condition of Andreas Lubitz. The lack of communication between attending physicians and the airline, medical confidentiality, poor adherence to medical recommendations, concealment of symptoms, financial issues related to work withdrawal and failures in *Cockpit Resource Management* (CRM) may have Contributed to the copilot sitting in the cockpit of the aircraft on the day of the accident.

Key words: Depression, Aviation, Aerospace Medical.

Citação: Silveira, DG, Barros, CCL. (2018) Andreas Lubitz: um olhar da psiquiatria para o copiloto do voo 9525 da Germanwings. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 2-11.

1 INTRODUÇÃO

Em março de 2016, o órgão francês de segurança da aviação civil, *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile* (BEA), emitiu o seu relatório final sobre o acidente aeronáutico ocorrido em 24 de março de 2015, nos Alpes Franceses. Naquele dia, a aeronave Airbus A320 da empresa Germanwings fazia o voo 9525, de Barcelona (Espanha) em direção a Düsseldorf (Alemanha). Após cerca de 47 minutos de voo, a aeronave chocou-se contra o solo, levando à morte 6 tripulantes e 144 passageiros.

No relatório final, o BEA concluiu que a queda do avião foi provocada de maneira intencional pelo copiloto, Andreas Lubitz, além de fazer referências a dois episódios depressivos, sintomas psicóticos, uso de antidepressivos e recomendações de internações em serviços de psiquiatria para o aeronavegante. Dessa maneira, torna-se importante fazer uma interpretação psiquiátrica da condição clínica de Andreas Lubitz.

Assim, o artigo tem o objetivo de buscar uma avaliação das condições de saúde mental do copiloto do voo 9525, através da leitura do relatório final do processo de investigação do acidente ocorrido em 2015.

2 HISTÓRICO DO VOO

Na terça-feira, 24 de Março de 2015, o Airbus A320-211 com o registro D-AIPX, operado pela Germanwings, foi programado para realizar um voo entre Barcelona e Düsseldorf. Sua tripulação era composta de 150 pessoas.

A decolagem de Barcelona ocorreu às 9 horas, tendo sido realizados todos os procedimentos de forma correta, até a chegada ao nível de 38000 pés (ft), considerada altitude de cruzeiro. O copiloto esperou até que estivesse sozinho no *cockpit*, o que ocorreu às 9:30 horas, para manter a porta do compartimento de comando trancada. Ele então intencionalmente alterou as configurações do piloto automático da aeronave no *Flight Control Unit* (FCU) de 38000 ft para 100 ft.

Andreas manteve a porta trancada durante a descida, apesar dos pedidos feitos pelos membros da tripulação, e não respondeu aos apelos dos controladores de tráfego aéreo (ATC) para modificar a altitude de voo. Barulhos semelhantes a golpes violentos sobre a porta da cabina foram gravados às 9:39 horas e 9:40 horas, porém os requisitos de segurança da porta do *cockpit*, projetados para resistir à intrusão forçada por pessoas não autorizadas, impediram a entrada no compartimento de voo antes de a aeronave chocar-se no terreno dos Alpes Franceses às 9:41 horas.

3 INFORMAÇÕES SOBRE ANDREAS LUBTZ

3.1 Identificação

Sexo masculino, 27 anos, nacionalidade alemã, branco, solteiro, piloto de avião.

3.2 Informações profissionais

Em 2008, iniciou a formação para se tornar piloto comercial junto a *Lufthansa*. Entre novembro de 2008 e agosto de 2009, ficou afastado por razões médicas, tendo reiniciado o curso no segundo semestre de 2009. Em dezembro de 2013, ingressou na *Germanwings*, sendo nomeado co-piloto em junho de 2014. A tabela 1 mostra as horas de voo prévias do copiloto.

Tabela 1: Horas de voo prévias ao acidente.

Horas de voo no total	919 horas
Horas de voo no modelo da aeronave	540 horas
Horas de voo nos últimos 3 meses	107 horas
Horas de voo no mês anterior	30 horas
Horas de voo nas últimas 24 horas	3 horas
Fonte: BEA, 2015	

De acordo com o relatório do BEA, durante a sua formação, seu nível profissional foi julgado acima do padrão por seus instrutores e examinadores. Para tornar-se piloto, Andreas Lutz teve de pagar 60.000 euros (€) para financiar a sua parte dos custos de sua formação na *Lufthansa Training*. Para isso, contraiu um empréstimo de cerca de 41.000 €. A perda da licença nos primeiros cinco anos de emprego poderia levar a uma dívida de 58.799 (€) euros, em virtude de um seguro que é contratado para todos os pilotos da *Lufthansa* e *Germanwings* até atingirem 35 anos de idade e completar dez anos de serviço.

3.3 Informações médicas

Os arquivos médicos obtidos pelo órgão alemão de investigação de acidentes com aeronaves (BFU) e os documentos e atestados fornecidos por médicos particulares ao copiloto foram analisados pelo BEA, com o auxílio de médicos com formação em psiquiatria e medicina aeroespacial.

Em Agosto de 2008, o copiloto apresentou um episódio depressivo grave sem sintomas psicóticos (F32.2 pela Classificação Internacional de Doenças, 10ª edição - CID-10). Há descrição de ideias suicidas, sendo realizada a internação de Andreas. Não há a descrição do tempo de internação no relatório. Realizou tratamento psicoterápico (janeiro a outubro de 2009) e tratamento medicamentoso com antidepressivos (janeiro a julho de 2009), tendo ficado afastado da atividade profissional. Em julho de 2009, o psiquiatra assistente considerou que o copiloto havia atingido a recuperação completa dos sintomas. Em documento do psiquiatra assistente há a descrição da codificação F32.2 pela CID-10 (figura 1).

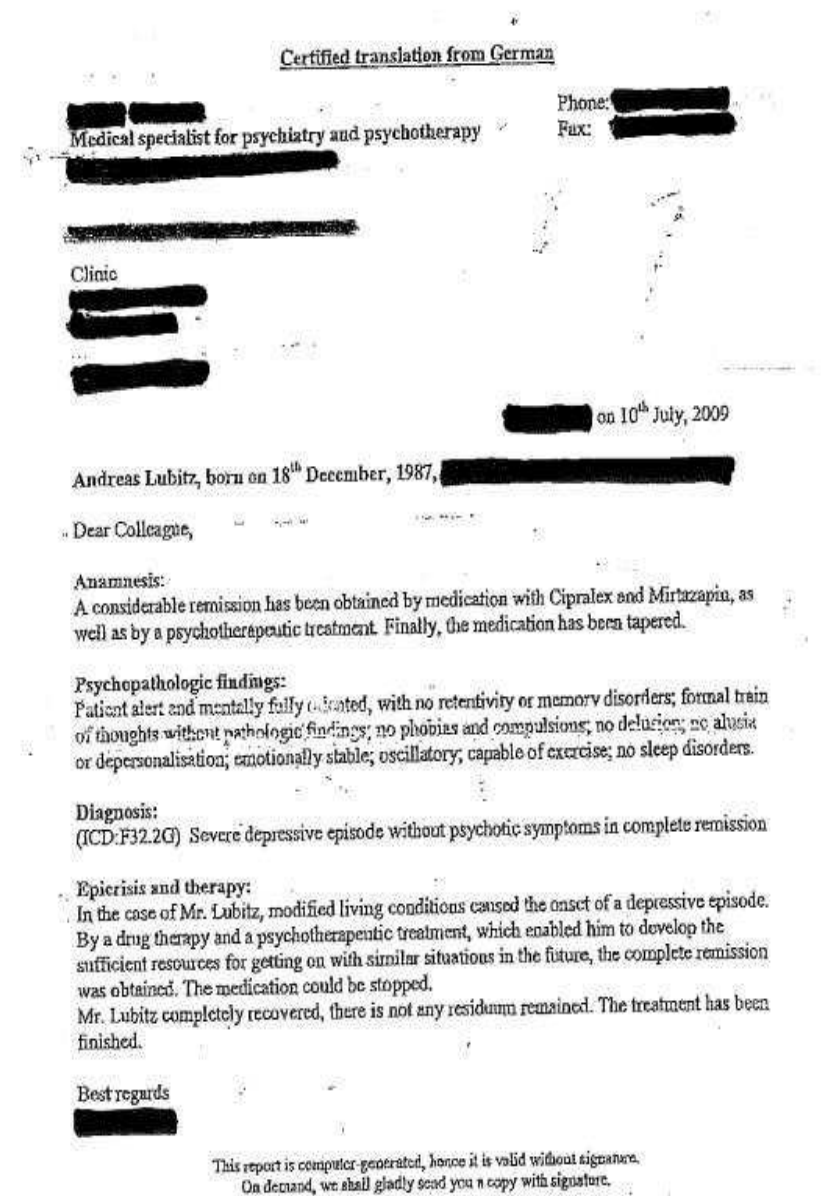


Figura 1 - Documento do psiquiatra assistente, datado de 10/7/2009, com finalidade pericial.

O copiloto foi considerado apto para atividade na aviação somente em 28/07/2009, quando o Centro de Controle Aeromédico da Lufthansa emitiu novamente o certificado médico para classe 1, porém havia uma ressalva: o certificado se tornaria inválido se houvesse uma recaída. Andreas então retornou a seu curso de formação, concluindo-o com êxito.

Entre 2009 e 2014 não há referências de tratamento com psiquiatra ou psicólogo. Todos os avaliadores médicos da empresa Lufthansa estavam cientes do episódio depressivo prévio, sendo, que para emissão dos certificados aeromédicos, era avaliada a condição psíquica e analisado um questionário respondido pelo copiloto, o qual abordava queixas psiquiátricas. A avaliação clínica e análise das respostas do questionário não permitiram levantar qualquer preocupação nos avaliadores sobre sinais ou sintomas psiquiátricos ou características de personalidade que indicassem uma avaliação psiquiátrica mais detalhada.

Em novembro de 2014 passou a apresentar sintomas clínicos diversos, tendo sido afastado por 7 dias por um médico privado (A). No mês seguinte do mesmo ano, há a descrição de problemas de visão e distúrbios do sono, tendo sido repetidamente examinado por especialistas em Oftalmologia e todos chegaram à conclusão de que “não havia razão orgânica” para tais queixas.

A partir de fevereiro de 2015 realiza consultas com diferentes médicos particulares (tabela 2). Em 17/2/2015, consultou com um médico privado (B) que sugeriu oito dias de afastamento do trabalho, porém a empresa não foi comunicada. No mesmo dia, foi avaliado por outro médico privado (C), havendo a descrição de “distúrbio psicossomático e distúrbio de ansiedade”, além da prescrição de *Zopiclone* 3,75 mg (hipnótico de curta duração). No dia 22/2/2015, o mesmo médico (C) afasta o copiloto do trabalho por 3 dias. Já no dia 24/2/2015, o relatório informa sobre uma consulta com psiquiatra e prescrição de *Mirtazapine* (antidepressivo noradrenérgico e serotoninérgico - NaSSA). Um médico privado diferente (D) é consultado em 9/3/2015, com sugestão de licença do trabalho, não estando descrito quantos dias de afastamento e, novamente, essa sugestão não chega ao conhecimento da empresa. No dia seguinte, 10/3/2015, o médico particular “C” encaminha Andreas Lubitz para tratamento em hospital psiquiátrico devido a uma possível psicose, sendo recomendado afastamento do trabalho por 19 dias em 12/03/2015.

Mais uma vez, esse pedido de afastamento não chega ao conhecimento da empresa. Em uma mensagem de e-mail enviada pelo copiloto em março de 2015 a um psiquiatra, há a referência do uso de *Mirtazapine* 15 mg e *Lorazepam* 1 mg (benzodiazepínico). O relatório da BEA traz a descrição ainda do uso de *Escitalopram* (antidepressivo inibidor seletivo da recaptação de serotonina – ISRS) 20 mg/ml (gotas), *Dominal f.* (antipsicótico não presente no Brasil) 80 mg e *Zolpidem* (hipnótico de curta duração). Por fim, 7 dias antes do acidente, em 18/3/2015, o copiloto foi consultado por mais um médico (E) diferente dos anteriores, que sugeriu o afastamento por 5 dias do trabalho.

Data	Profissional	Conduta
24/11/2014	Médico privado A	Afastamento do trabalho por 7 dias.
Dezembro de 2014	Diferentes médicos particulares	Problemas de visão e distúrbios do sono. Avaliado por vários especialistas, que chegaram à conclusão de que não havia razão orgânica para queixas.
17/02/2015	Médico privado B	Afastamento do trabalho por 8 dias (não foi encaminhado à Germanwings).
17/02/2015	Médico privado C	Encaminhado para psicologia e psiquiatria em virtude de distúrbio psicossomático e distúrbio de ansiedade. Prescrição: <i>Zopiclone</i> 3,75 mg
22/02/2015	Médico privado C	Afastamento do trabalho por 3 dias.
24/02/2015	Tratamento psiquiatra	Prescrição de mirtazapina.
09/03/2015	Médico privado D	Afastamento do trabalho, tempo desconhecido (não foi encaminhado à Germanwings).
10/03/2015	Médico privado C	Encaminhamento para tratamento no hospital psiquiátrico devido a uma possível psicose.
12/03/2015	Médico privado C	Afastamento do trabalho por 19 dias (não foi encaminhado à Germanwings).
16/03/2015	Tratamento psiquiatra	Prescrições: <i>Escitalopram</i> 20 mg/ml, <i>Dominal f.</i> 80 mg e <i>Zolpidem</i> .
18/03/2015	Médico privado E	Afastamento do trabalho por 5 dias.

3.4 Avaliação toxicológica post-mortem

Exames toxicológicos do co-piloto, em tecido humano encontrado no local do acidente foram conduzidos pelas autoridades judiciais francesas. Encontrou-se a presença dos antidepressivos *Citalopram* e *Mirtazapina*, além do indutor do sono *Zopiclone*. Não há citação de resultado positivo para uso de álcool e drogas ilícitas.

4 DISCUSSÃO DO CASO

4.1 Curso de formação

Em 9 de abril de 2008, Andreas obteve seu certificado médico inicial de classe 1, emitido sem qualquer limitação, após avaliação de peritos médicos (AeMC) da Lufthansa. Ele começou seu treinamento de voo em setembro de 2008, em Bremen (Alemanha), no centro de treinamento da Lufthansa. Em novembro de 2008, ocorreu a interrupção do treinamento, justamente por conta de um episódio depressivo e seu tratamento. Através da análise do documento final da investigação do acidente, é possível perceber que Andreas Lubtz apresentou nesse ano um episódio depressivo grave, durante seu curso de formação para se tornar piloto de avião. A figura 1 traz informações do médico assistente do co-piloto, onde há referência a codificação F32.2 pela CID-10. O transtorno foi corretamente identificado pela equipe pericial da empresa aérea, o que gerou o seu afastamento temporário do curso.

No dia 9 de abril de 2009, ainda na fase de tratamento, ele solicitou ao AeMC a revalidação de seu certificado médico de classe 1. Em formulário preenchido pelo próprio, declarou ter sido internado no hospital para tratamento de doença mental. O certificado médico não foi emitido nesse momento pelo AeMC e o copiloto foi notificado de que a análise adicional de um especialista precisava ser realizada. Somente em julho de 2009, foi emitido um certificado médico de classe 1 com uma observação, que informava a possibilidade de suspensão do certificado médico caso houvesse um novo episódio depressivo.

4.2 Tratamento do episódio depressivos

O tratamento adotado para esse episódio depressivo envolveu o uso de “Cipralax” (Citalopram) e “Mirtazapina” (Mirtazapina), além de psicoterapia, ocorrendo durante um período, em regime de internação. É possível supor que o tratamento foi realizado conforme estabelecido no protocolo de tratamentos para um episódio depressivo (Modelo de Kupfer - FIGURA 2). Depois de atingida a recuperação do episódio depressivo, Andreas manteve-se assintomático entre 2009 e novembro de 2014. Importante perceber que o tratamento de manutenção foi mantido pelo mínimo estabelecido (6 meses), o que reduz o risco de recaída em 50% (DEL PORTO, 2009), e pode ter contribuído para os quase 5 anos sem um novo quadro de transtorno do humor. Nesse período, o copiloto teve seu certificado médico de classe 1 renovado ou revalidado regularmente. Todos os agentes médico periciais (AMEs) que o examinaram durante esse período estavam cientes da sua história médica de depressão. Eles avaliaram sua aptidão psicológica e psiquiátrica conforme o preconizado pelas Autoridades da Aviação e pelas associações aeromédicas.

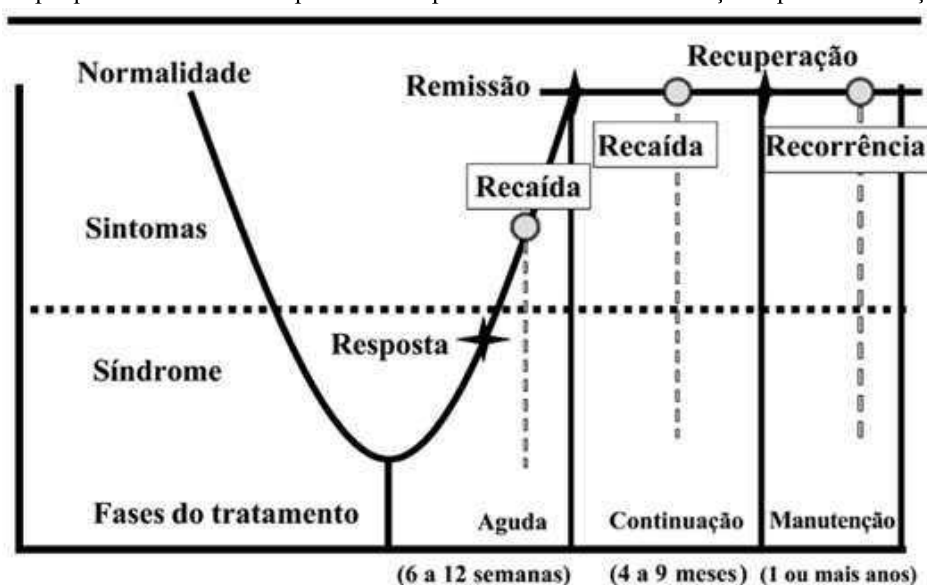


Figura 2. Modelo de Kupfer para tratamento da depressão
Baseado em Kupfer, 1991.

4.3 Cronicidade e recorrência depressiva

A depressão é uma condição relativamente comum, com prevalência anual de 3 a 11% (REGIER et al, 1993; KESSLER et al, 1994; JENKINS et al 1997). Apresenta curso cônico e recorrente (MUELLER, 1999), tendo períodos de remissão e exacerbações (KESSLER et al, 2003; POSTERNAK et al, 2006; KELLER et al, 1992). Até 80% dos indivíduos que receberam tratamento para um episódio depressivo terão um segundo episódio ao longo de suas vidas (ANDERSON et al, 2000). Além de prevalente, crônica e recorrente, a depressão é incapacitante, sendo a quarta causa de incapacitação social, em termos globais, “*disability adjusted life yaers- DALY*”, (MURRAY e LOPES, 1997).

O copiloto não fugiu aos dados estatísticos referentes à depressão. Em novembro de 2014, após cerca de 4 meses da sua última avaliação pericial, Lultz inicia procura por diferentes médicos, inicialmente por conta de queixas clínicas, que passam a evoluir para sintomas depressivos, com necessidade de prescrição de medicação específica, orientações de afastamentos do ambiente de trabalho e, até mesmo, sugestão de internações em unidades hospitalares (tabela 2). Dessa maneira, é provável que, em novembro de 2014, Andreas Lultz tenha apresentado o início de um novo episódio depressivo (cronicidade e recorrência), levando a prejuízos no ambiente social e profissional (DAYL).

Em fevereiro de 2015, há a intensificação de sintomas, tendo Lultz, em um mesmo dia (17/2/2015), chegado a consultar dois médicos diferentes, com recomendações de afastamento do trabalho por 8 dias, prescrição de Zopiclona e encaminhamento para Psiquiatria e Psicologia. O afastamento do ambiente profissional não foi encaminhado à Germanwings. No dia 22/2/2015, foi recomendado novo afastamento por 3 dias e, dois dias depois, há referência de prescrição da medicação Mirtazapina e tratamento psiquiátrico.

No mês do acidente, março de 2015, pode ter ocorrido uma piora clínica, uma vez que, no espaço de nove dias, Andreas Lultz consulta 4 médicos diferentes, incluindo um atendimento com Psiquiatra. Em 9/3 foi sugerido afastamento do trabalho

(não encaminhado à Germanwings) e, no dia seguinte (10/3), um médico diferente recomenda que o copiloto realize tratamento em hospital psiquiátrico devido a uma “possível psicose”. Tal recomendação não foi seguida e, em 12/3, o mesmo médico sugere afastamento do trabalho por 19 dias. Porém, mais uma vez, a sugestão não chega ao conhecimento da empresa. No dia 16/3, foi prescrito Escitalopram 20 mg/ml, Dominal f. 80 mg e Zolpidem por Psiquiatra. Por fim, em 18/03/2015, há uma sugestão de cinco dias de afastamento do ambiente de trabalho. Vale a pena ressaltar que, caso a internação hospitalar tivesse sido recomendada, ou caso o afastamento de 19 dias sugerido em 12/3/2015 tivesse sido seguido, o copiloto não estaria fazendo parte da equipe de cabine do voo 9525 da Germanwings em 24/03/2015.

4.4 Sugestão de afastamento profissional

A partir deste momento, diversos pontos devem ser discutidos, alguns abordados no relatório de investigação e outros não. O primeiro refere-se ao fato dos afastamentos sugeridos pelos diferentes médicos não chegarem ao conhecimento da empresa. Os regulamentos da União Europeia (UE) exigem que os titulares de licenças para exercerem atividade especial na aviação, a qualquer momento, quando tomam ou usam qualquer medicação prescrita que interfira com o exercício seguro da atividade aérea, busquem, sem demora injustificada, o parecer do médico aeroespacial, bem como do médico pericial (AME). O copiloto não contactou qualquer AME entre o início de sua diminuição da aptidão médica, em dezembro de 2014, e o dia do acidente. No caminho contrário, ele optou por voar como um piloto comercial, transportando passageiros durante o período em que deveria estar afastado do voo.

Como citado anteriormente, o copiloto teve uma recomendação em seu certificado, onde um novo episódio depressivo poderia levar ao seu afastamento definitivo da aviação. Soma-se a isso a dívida contraída pelo mesmo, cerca de 41000 euros, para financiar o seu curso de formação para piloto. A perda de sua licença, levaria à redução do seu salário e aumento da dificuldade em pagar a dívida. Talvez, esse conjunto de fatores tenha feito Andreas não comunicar seus sintomas, medicações e sugestões de afastamento à empresa.

Também não foram encontrados registros do copiloto nos programas de assistência ao piloto, disponíveis na Germanwings (*MAYDAY* e *anti-skid*), os quais tem ações ligadas à saúde mental. Tais programas são projetados para ajudar os funcionários com assuntos que possam afetar as suas carreiras, como abuso de uma substância, estresse pós-traumático, padrões éticos e profissionais ou a manutenção de certificação médica.

Cerca de 30 dias antes do acidente, o copiloto foi consultado por psiquiatra em, pelo menos, duas ocasiões, com prescrição de medicação antidepressiva. Outros médicos foram consultados, tendo sido descrito pelos mesmos “psicose”, recomendações de afastamento do trabalho e encaminhamentos ao Psiquiatra. Nenhum desses profissionais, que provavelmente sabiam da profissão do piloto, informaram qualquer autoridade da aviação, sobre o estado mental do copiloto.

Por um lado, a regulamentação alemã contém disposições específicas para punir os médicos que violam a confidencialidade médica, incluindo a prisão de até um ano. Por outro lado, o código penal alemão tem disposições muito gerais, afirmando que qualquer pessoa que age para “evitar um perigo iminente” não age ilegalmente, se o ato cometido for um meio adequado para evitar o perigo. Supondo que um piloto profissional com sintomas psicóticos seja um “perigo iminente”, poderia ter sido possível, pelo menos teoricamente, impedir que o copiloto voasse, caso fosse informado às Autoridades de Aviação o quadro clínico de Lubtz.

A maioria dos países, permite que os médicos violem a confidencialidade e alertem às autoridades sobre a divulgação de informações pessoais de pacientes, com o objetivo de diminuir ou prevenir um perigo grave, iminente ou uma ameaça à segurança pública. Algo semelhante ao que acontece no Brasil, onde, de acordo com o Código de Ética Médica (CFM, 2010), capítulo IX, artigo 73, “é vedado ao médico: revelar fato de que tenha conhecimento em virtude do exercício de sua profissão, salvo por motivo justo, dever legal ou consentimento, por escrito, do paciente”.

4.5 Dissimulação de sintomas e falhas no *Crew Resource Management* (CRM)

Na década de 1970, um acidente com um DC-8 da *United Airlines* nos Estados Unidos mudou a segurança da aviação. A aeronave indicava um defeito no trem de pouso e os pilotos decidiram permanecer em voo e tentar resolver o problema. Não foi monitorado o combustível e a aeronave acabou por cair no solo, vitimando 10 pessoas. O acidente levou a empresa aérea a criar o CRM (*Cockpit Resource Management*), um programa para melhorar a comunicação entre pilotos e outros membros da tripulação (GOMES, 2010). Atualmente, a sigla CRM significa *Crew Resource Management* e destina-se a todos os tripulantes de voo na busca por melhorar a gerência do comando, a liderança e a gestão de recursos dentro e fora do *cockpit* (TAYLOR, 1997).

Entre fevereiro e março de 2015, foi recomendado ao copiloto o afastamento do trabalho por diversas vezes, mas nem todos os relatórios foram encaminhados para Germanwings. Portanto, é possível pensar que Andreas tenha voado em alguns dos dias em que deveria estar afastado, como, por exemplo, no dia do acidente. Considerando que a hipótese é a de que, nesse período, ele encontrava-se em um novo episódio depressivo, ele poderia apresentar alguns dos sintomas descritos na Classificação Internacional de Doenças - 10ª Edição (CID-10) para o código F32, tais como: rebaixamento do humor, redução da energia, alteração da capacidade de experimentar o prazer, perda de interesse, diminuição da capacidade de concentração, problemas do

sono, diminuição do apetite, ideias de culpabilidade e ou de indignidade, lentidão psicomotora, agitação e perda da libido. Considerando ainda que, poucos dias antes do acidente, o relatório faz referências a sintomas psicóticos, pode somar-se aos sinais e sintomas descritos anteriormente as alucinações e ideias delirantes, o que caracterizaria a codificação F32.3 pela CID-10 ou 296.24 pelo Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - 5ª edição (DSM-V). Surge ainda a pergunta: como o estado mental e o comportamento do copiloto nos dias anteriores ao acidente não gerou qualquer preocupação a colegas de trabalho, bem como a familiares?

De acordo com o relatório, ele não pilotou entre 14 e 22 de março de 2015, mas no dia 23 de março de 2015, no dia anterior ao acidente, ele voou entre Düsseldorf (Alemanha) e Londres (Inglaterra), ida e volta, saindo às 6:09 horas e retornando às 14:04 horas. Acrescente-se a isso que, no dia do acidente, ele fez o voo de Düsseldorf, descolando às 6:01 horas, para Barcelona, pousando às 7:57 horas, ou seja, apenas 1 hora e 3 minutos antes do voo fatal. Mas uma vez, como não foi observada qualquer alteração comportamental de Andreas Lubitz?

A primeira explicação seria a dissimulação de sintomas, que consiste em ocultar ou minimizar uma doença ou transtorno existente (TABORDA). A segunda pode ser explicada pelo desconhecimento em reconhecer um “comportamento alterado”. Em serviços de cuidados primários e outros serviços médicos gerais, 30 a 50% dos casos de depressão não são diagnosticados (ROST et al 1998, ROANLDS et al, 1997). É provável que para profissionais não ligados à saúde mental, incluindo aeronavegantes, sua não identificação pode ser ainda maior.

Portanto, talvez devam ser incluídas nos treinamentos de CRM noções para identificação de sinais e sintomas sugestivos de transtornos mentais.

4.6 Antidepressivos e aviação

Considerando que os examinadores aeromédicos não tratam necessariamente pacientes depressivos com frequência, e que os psiquiatras raramente estão familiarizados com os protocolos periciais dos aviadores (VUORIO, 2012), torna-se importante avaliar se os antidepressivos podem interferir na capacidade de operar uma aeronave.

Na atualidade, existem controvérsias sobre as consequências do uso de antidepressivos na capacidade de interferir no desempenho de um aeronauta. Desde 2004, a Associação Médica Aeroespacial (AML), organização profissional internacional com sede nos EUA, que representa a Medicina Aeroespacial e auxilia com políticas e normas, vem posicionando-se em favor de se reconsiderar políticas sobre as proibições absolutas contra pilotos voando enquanto tomam antidepressivos. Principalmente, depois de evidências mostrarem que pilotos profissionais estavam recusando medicamentos antidepressivos e continuavam a voar sem serem submetidos a tratamento adequado para sua condição médica, como no caso de Andreas. Além disso, acredita-se que um número significativo de pilotos profissionais possa estar tomando medicação Inibidora Seletiva da Recaptação de Serotonina (ISRS) e não está comunicando o fato aos órgãos reguladores e periciais (SEAN, 2007 e LEWIS, 2013).

Os regulamentos americanos e australianos permitem o uso de alguns ISRS (IRELAND, 2002), porém os regulamentos europeus ainda não o permitem (VUORIO, 2012). Diversos artigos vem demonstrando a baixa capacidade de alguns antidepressivos em interferir na capacidade psicomotora, entre eles a Bupropiona (PAUL, 2002), Sertralina (PAUL, 2002), Citalopram (PAUL, 2002) e Escitalopram (PAUL, 2002). Assim, a mudança das normas e a possibilidade do uso de determinados antidepressivos por alguns aeronavegantes durante exercício de sua atividade profissional, em um tratamento de manutenção, após recuperação dos sintomas, pode aumentar a comunicação entre os aeronavegantes e os examinadores médicos periciais.

4.7 Suicídio

A adesão inadequada às recomendações médicas e o não acesso ao tratamento ideal podem ter contribuído para evolução do quadro clínico, culminando no suicídio de Andreas Lubitz. A literatura mostra que a associação entre suicídio e transtornos mentais é de mais de 90% (BERNAL et al, 2007; BEAUTRAIS et al, 1996), sendo os transtornos do humor responsáveis por cerca de 35,8% (BERTOLOTE e FLEISHMAN, 2002).

Investigações de base populacional nos Estados Unidos (KESSLER, BORGES e WALTERS, 1999; MOSCICKI et al 1998), Canadá (CUTCLIFFE, 2003) e China (LEE et al, 2007) indicam que depressão é a principal entidade nosológica associada às tentativas de suicídio, à ideia suicida e aos planos suicidas.

Na análise pós-morte do copiloto foi encontrado a presença dos antidepressivos Citalopram e Mirtazapina, dois antidepressivos de primeira linha (KAPLAN e SADOCK, 2016). É possível deduzir que Lubitz estava tomando tais fármacos, porém o desfecho trágico não foi evitado. Sabe-se que o risco de suicídio é mais alto antes do início do tratamento (mês anterior), muito menor na primeira semana de tratamento e diminui ainda mais nas semanas seguintes (SIMON et al, 2006). Apesar disso há a descrição do suicídio paradoxal, que ocorre em alguns pacientes, no início da farmacoterapia antidepressiva.

O mecanismo de ação dos antidepressivos levam a modificações na disponibilidade de monoaminas na fenda sináptica. Apesar deste efeito central ocorrer em poucas horas, o efeito antidepressivo necessita de até oito semanas de tratamento diário para se tornar clinicamente evidente (LICINIO, 2005). Por outro lado, no início da terapia, ocorre uma diminuição da lentificação psicomotora e aumento dos níveis de energia, melhorando, de forma mais tardia, os sentimentos de baixa autoestima, a culpa e a ideia suicida (SILVA E SAMPAIO, 2011). Por esta razão, no tratamento da depressão, há uma fase precoce crítica durante a qual os doentes devem ser cuidadosamente avaliados em relação à ideia suicida, principalmente aqueles com intensidade

grave dos sintomas. Esse paradoxo é reconhecido como fator de risco para o comportamento suicida, sendo aconselhadas consultas com intervalos de tempo curto, psicoterapia de apoio, escolha de antidepressivos sedativos e associação de outros medicamentos sedativos no início do tratamento (MÖLLER et al, 2008). Além disso, recomenda-se orientação sobre o risco de suicídio no início de tratamento, supervisão constante da medicação, vigilância 24 horas e afastamento de objetos que possam ser utilizados em tentativas de autoextermínio. Casos de intensidade grave de sintomas e sem suporte social adequado para o seguimento das recomendações convêm realizar a internação hospitalar (ABP, 2014). O relatório mostra que foi indicado internação hospitalar para o copiloto 14 dias antes do acidente, porém tal recomendação não foi seguida.

4.8 Diagnóstico diferencial e comorbidades psiquiátricas

Por fim, a falta de informação e esclarecimento sobre os detalhes dos atendimentos médicos, história familiar de transtornos mentais, uso de drogas lícitas ou ilícitas, história de maus tratos na infância e adolescência e tentativas de suicídio prévias dificultam uma análise mais profunda do caso em questão.

Tais aspectos seriam importantes para discussões a cerca de diagnósticos diferenciais, incluindo depressão bipolar, e comorbidades, principalmente a associação de um transtorno do humor com um transtorno da personalidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo buscou fazer uma análise dos aspectos psiquiátricos encontrados no relatório final do acidente com aeronave Airbus A320 da empresa Germanwings, que fazia o voo 9525, de Barcelona (Espanha) para Düsseldorf (Alemanha), ocorrido em 24 de março de 2015.

O copiloto era portador de transtorno do humor e agiu de maneira intencional na queda da aeronave. Há carência de detalhes da história psiquiátrica progressiva e nos atendimentos com os médicos particulares que permitam avaliar diagnósticos diferenciais e comorbidades psiquiátricas.

Uma série de fatores pode ter contribuído para que Andreas Lubtz estivesse sentado no *cokpit* da aeronave no dia do acidente, incluindo a falta de comunicação entre os médicos assistentes e a empresa aérea, sigilo médico, baixa adesão do paciente às recomendações médicas, dissimulação de sintomas, questões financeiras ligadas ao afastamento do trabalho, baixo suporte familiar e falhas no CRM.

Por último, é muito importante salientar que a maioria dos pacientes portadores de transtornos mentais nunca cometerá qualquer ato de violência. Apesar de condições psiquiátricas graves apresentarem um risco um pouco maior de tornar as pessoas violentas, isso tende a ocorrer quando esses indivíduos não têm acesso a um tratamento adequado e efetivo. Assim, deve-se buscar disseminar informações sobre os principais transtornos mentais, com intuito de reduzir a psicofobia e o estigma, além de aumentar a adesão ao tratamento preconizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical manual of Mental Disorders, fifth Edition (DSM-V). Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013.
- Anderson IM, Nutt DJ, Deakin JF. Evidence-based guidelines for treating depressive disorders with antidepressants: a revision of the 1993 British Association for Psychopharmacology guidelines. *British Association for Psychopharmacology. J Psychopharmacol.* 2000;14(1):3-20.
- Associação Brasileira de Psiquiatria (ABP). Suicídio: informando para prevenir. Conselho Federal de Medicina (CFM). Brasília, 2014.
- Beautrais A, Joyce P, Mulder R, Fergusson D, Deavoll B, Nightingale S. Prevalence and comorbidity of mental disorders in persons making serious suicide attempts: a case-control study. *Am J Psychiatry* 1996; 153:1009-14.
- Bernal M, Haro JM, Bernet S, Brugha T, Graaf R, Bruffaerts R, et al. Risk factors for suicidality in Europe: results from the ESEMED study. *J Affect Disord* 2007; 101:27-34
- Bertolote JM, Fleischmann A. Suicide and psychiatric diagnosis: a worldwide perspective. *World Psychiatry*, 1, 181-185. 2002
- Conselho Federal de Medicina (CFM). Código de ética médica: resolução CFM nº 1.931, de 17 de setembro de 2009 (versão de bolso) / Conselho Federal de Medicina – Brasília: Conselho Federal de Medicina, 2010. 70p. ; 15 cm. ISBN 978-85-87077-14-1
- Cutcliffe JR. Research endeavours into suicide: a need to shift the emphasis. *Br J Nurs.* 2003;12(2):92-9
- Del Porto, José Alberto. 50 FAQ: Frequently Asked Questions: depressão / José Alberto Del Porto. – São Paulo: EPM – Editora de Projetos Médicos, 2009
- Fleck MP, Berlim MT, Lafer B, Sougey EB, Del Porto JA, Brasil MA, Juruena MF, Hetem LA. Revisão das diretrizes da Associação Médica Brasileira para o tratamento da depressão (Versão integral). *Rev Bras Psiquiatr.* 2009;31(Supl I):S7-17
- Gomes, FMFS. Factores Humanos em Manutenção de Aeronaves. 2010. 139 f. Tese (Mestrado em Engenharia Aeronáutica) – Universidade da Beira Interior, Corvilhã (Portugal), outubro de 2010.

- Ireland RR. Pharmacologic considerations for serotonin reuptake inhibitor use by aviators. *Aviat Space Environ Med*;73(5): 421-9, 2002 May
- Jenkins R, Lewis G, Bebbington P, Brugha T, Farrell M, Gill B, Meltzer H. The National Psychiatric Morbidity surveys of Great Britain--initial findings from the household survey. *Psychol Med*. 1997;27(4): 775-89.
- Kaplan HI; Sadock BJ (Eds). *Compêndio de Psiquiatria Clínica – Ciências do Comportamento e Psiquiatria Clínica*. 11ª edição. Porto Alegre:Artmed, 2016.
- Keller MB, Lavori PW, Mueller TI, Endicott J, Coryell W, Hirschfeld RM, Shea T. Time to recovery, chronicity, and levels of psychopathology in major depression. A 5-year prospective follow-up of 431 subjects. *Arch Gen Psychiatry*. 1992;49(10):809-16
- Kessler RC, Berglund P, Demler O, Jin R, Koretz D, Merikangas KR, Rush AJ, Walters EE, Wang PS; National Comorbidity Survey Replication. The epidemiology of major depressive disorder: results from the National Comorbidity Survey Replication (NCS-R). *JAMA*. 2003;289(23):3095-105.
- Kessler RC, Borges G, Walters EE. Prevalence of and risk factors for lifetime suicide attempts in the National Comorbidity Survey. *Arch Gen Psychiatry*. 1999;56(7):617-26
- Kessler RC, McGonagle KA, Zhao S, Nelson CB, Hughes M, Eshleman S, Wittchen HU, Kendler KS. Lifetime and 12-month prevalence of DSM-III-R psychiatric disorders in the United States. Results from the National Comorbidity Survey. *Arch Gen Psychiatry*. 1994;51(1):8-19. 30.
- Kupfer DJ. Long-term treatment of depression. *J Clin Psychiatry*. 1991;52 Suppl:28-34
- Lee S, Fung SC, Tsang A, Liu ZR, Huang YQ, He YL, Zhang MY, Shen YC, Nock MK, Kessler RC. Lifetime prevalence of suicide ideation, plan, and attempt in metropolitan China. *Acta Psychiatr Scand*. 2007;116(6):429-37
- [Lewis RJ](#), [Angier MK](#), [Williamson KS](#), [Johnson RD](#). Analysis of sertraline in postmortem fluids and tissues in 11 aviation accident victims. *J Anal Toxicol*. 2013 May;37(4):208-16. doi: 10.1093/jat/bkt014. Epub 2013 Mar 19.
- Licínio J, Wong M: Depression, antidepressants and suicidality: a critical appraisal. *Nat Rev Drug Discov* 2005;4(2):165-171
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Final Report: Accident on 24 March 2015 at Prads-Haute-Bléone (Alpes-de-Haute-Provence, France) to the Airbus A320-211 registered D-AIPX operated by Germanwings. Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile. March, 2016
- Möller H, Baldwin D, Goodwin et al: Do SSRIs or antidepressants in general increase suicidality? *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2008;258(suppl 3):3-23
- Moscicki EK, O'Carroll P, Rae DS, Locke BZ, Roy A, Regier DA. Suicide attempts in the Epidemiological Catchment Area Study. *Yale J Biol Med*. 1998;61(3):259-68.
- Mueller TI, Leon AC, Keller MB, Solomon DA, Endicott J, Coryell W, Warshaw M, Maser JD., Recurrence after recovery from major depressive disorder during 15 years of observational follow-up. *Am J Psychiatry*. 1999;156(7):1000-6
- Murray CJ, Lopez AD. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *Lancet*. 1997;349(9063):1436-42
- Organização Mundial de Saúde. CID-10. Classificação Internacional de Doenças. São Paulo: EDUSP, 1994, 1ª ed.
- Posternak MA, Solomon DA, Leon AC, Mueller TI, Shea MT, Endicott J, Keller MB. The naturalistic course of unipolar major depression in the absence of somatic therapy. *J Nerv Ment Dis*. 2006;194(5):324-9.
- Paul MA, Gray G, Kenny G, Lange M. The impact of bupropion on psychomotor performance. *Aviat Space Environ Med*;73(11): 1094-9, 2002 Nov.
- Paul MA, Gray G, Lange M. The impact of sertraline on psychomotor performance. *Aviat Space Environ Med*;73(10): 964-70, 2002 Oct.
- Paul MA, Gray GW, Love RJ, Lange M. SSRI effects on psychomotor performance: assessment of citalopram and escitalopram on normal subjects. *Aviat Space Environ Med*. 2007 Jul;78(7):693-7.
- Regier DA, Narrow WE, Rae DS, Manderscheid RW, Locke BZ, Goodwin FK. The de facto US mental and addictive disorders service system. Epidemiologic catchment area prospective 1-year prevalence rates of disorders and services. *Arch Gen Psychiatry*. 1993;50(2):85-94. 29.
- Ronalds C, Creed F, Stone K, Webb S, Tomenson B. Outcome of anxiety and depressive disorders in primary care. *Br J Psychiatr*. 1997;171:427-33
- Rost K, Zhang M, Fortney J, Smith J, Coyne J, Smith GR Jr. Persistently poor outcomes of undetected major depression in primary care. *Gen Hosp Psychiatry*. 1998;20(1):12-20.
- Sen A, Akin A, Canfield DV, Chaturvedi AK. Medical histories of 61 aviation accident pilots with postmortem SSRI antidepressant residues. *Space Environ Med*;78(11): 1055-9, 2007 Nov.
- Silva M, Sampaio D. Antidepressivos e suicídio em adolescentes. *Acta Med Port*; 24: 603-612. 2011; 24 (4):603-612.
- Simon GE, Savarino J, Operskalski B, Wang PS. Suicide risk during antidepressant treatment. *Am J Psychiatry*. 2006;163(1):41-

- Taborda, J. G. V., Chalub, M., Abdala-Filho, E. (s/d). *Psiquiatria forense*. Porto Alegre: Artmed.
- Taborda, J. G. V. (2004) Exame pericial psiquiátrico. In: Taborda, J. G. V.; Chalub, M.; Abdalla-Filho, E. (Orgs.). *Psiquiatria Forense*. Porto Alegre: Artmed. p. 43-67.
- Taylor, J. The evolution and effectiveness of maintenance Resource Management (MRM). *Industrial Journal of Industrial Ergonomics* (Elsevier), 26 (2000) 201-215. 1997.
- Vuorio A, Laukkala T, Navathe P. Major depression and fitness to fly by different aviation authorities. *Aviat Space Environ Med*;83(9): 909-11, 2012 Sep

....

Fadiga na aviação civil: um desafio à investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos

Simone Kelli Cassiano^{1,2}

1 Mestre em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações pela Universidade de Brasília

2 cassi1501@gmail.com

RESUMO: No contexto aeronáutico, a fadiga tem sido foco de estudos e legislações aplicados em diversos países, devido aos riscos que essa condição agrega à atividade aérea. Ao considerar tal questão, o presente trabalho propôs-se a debater o impacto da fadiga no desempenho humano de tripulações envolvidas em ocorrências aeronáuticas investigadas pelo Estado brasileiro. A pesquisa baseou-se na análise documental de Relatórios Finais relativos às investigações de ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira. O processo de seleção e revisão de Relatórios Finais ocorreu de forma sistematizada e incluiu somente aqueles em que a fadiga foi indicada como um fator contribuinte. Ao todo, 19 Relatórios Finais foram identificados e seu conteúdo foi classificado em três categorias, sob uma perspectiva de análise pautada na Psicologia. Os resultados destacaram a contribuição de aspectos organizacionais e do contexto de trabalho para a ocorrência da fadiga. Esses dados ressaltaram que, durante o processo investigativo, uma ampla gama de informações e fatores devem ser considerados. Quando esses fatores são combinados, reduzem os níveis de segurança operacional e facilitam a produção de um acidente. Considerando a complexidade da fadiga e seu impacto na segurança na aviação, mais estudos e pesquisas são necessários. Organizações, profissionais e pesquisadores podem contribuir para garantir o desenvolvimento e aplicação de técnicas e instrumentos adequados para a detecção da fadiga em tais casos, bem como propiciar meios de gerenciamento dos riscos decorrentes da fadiga.

Palavras Chave: Fadiga. Aviação. Acidente aeronáutico. Segurança operacional.

Fatigue in aviation: a challenge to investigation and prevention of aeronautical accidents

ABSTRACT: In the aeronautical context, fatigue has been focused on studies and legislations applied in several nations, due to the risks that this condition aggregates to air activity. Considering to this issue, the present paper proposed a discussion about the impact of fatigue on human performance of crews involved in aeronautical accidents investigated by Brazilian State. The research was based in documental analysis of Final Reports related to investigations of aeronautical occurrences in Brazilian civil aviation. Selection and revision process of Final Reports occurred systematically and included only those Reports in which fatigue was indicated as a contributing factor. In all, 19 final Reports were identified and their content was classified into three categories, from a perspective of analysis based in Psychology. Findings highlighted the contribution of workplace and organizational aspects to occurrence of fatigue. Those results indicated that, during investigative process, a range of information and factors should be considered. When the factors are combined, they reduce the level of safety and facilitate the production of an accident. Considering to the complexity of fatigue and its impact in aviation safety, more studies and researches are needed. Organizations, practitioners and researchers may contribute to ensure the development and application of adequate techniques and frameworks to allow the detection of fatigue in such cases, as well as providing means to manage the risks related to fatigue.

Key words: Fatigue. Aviation. Aeronautical accidents. Safety.

Citação: Cassiano, SK. (2018) Fadiga na aviação civil: um desafio à investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 12-21.

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário da aviação, em sua maior parte globalizado e composto por interações complexas, o ser humano permanece como elemento essencial e indispensável ao seu funcionamento, o qual exige cada vez mais o aprimoramento de competências profissionais para uma adequada atuação nesse sistema sociotécnico.

Reconhece-se que a crescente automação e as evoluções tecnológicas contribuíram para um melhor desempenho e maior qualidade em relação à precisão das operações, elevando a confiabilidade das organizações envolvidas com a atividade aérea. Porém, também delinearão novas exigências e desafios concernentes à interação homem-máquina e ao gerenciamento do fator humano atuante em todo o contexto aeronáutico (KERN, 2001).

Embora os avanços tecnológicos tenham mitigado alguns riscos presentes na aviação, ainda há muito a ser feito em prol da segurança operacional. Diante dessa constatação, o fator humano tem ocupado um espaço central nas discussões sobre a temática. O ser humano é o elemento flexível que permite o adequado funcionamento de sistemas complexos (DEKKER, 2006), mas também é dotado de limitações e vulnerabilidades que demandam atenção. Atentar para esse fato implica reconhecer o impacto que as condições de trabalho presentes na atividade aérea podem ter sobre o desempenho da tripulação, bem como sobre suas condições físicas e psicológicas (REASON, 1997).

Em decorrência da notória expansão do modal aéreo e da ampliação da malha aérea, resultante dos avanços tecnológicos na atividade aérea, diversas mudanças têm sido promovidas no cenário da aviação, tanto no âmbito operacional quanto regulatório. Para lidar com esses desafios, organizações envolvidas com a atividade aérea investem em programas de gerenciamento, visando à mitigação de fatores que possam comprometer o desempenho da tripulação e afetar a segurança operacional. Entre esses fatores, encontra-se a fadiga que, ao longo dos últimos anos, tem sido foco de estudos e legislações em diversos países. A partir desses esforços envidados pela comunidade aeronáutica, surgiram novos referenciais voltados para identificação e gerenciamento dos riscos relativos à fadiga.

No cenário internacional, houve iniciativas tanto no âmbito de normatização e regulação, tais como observado nas publicações emitidas pela *National Aeronautics And Space Administration* (NASA), dos Estados Unidos (NASA, 1996); e pela *Civil Aviation Safety Authority* (CASA), da Austrália (CASA, 2013); quanto no âmbito da investigação de ocorrências aeronáuticas, como exemplificado por normativas do *National Transportation Safety Board* (NTSB), dos Estados Unidos (NTSB, 2006); e *Transportation Safety Board of Canada* (TSB), do Canadá (TSB, 2002). A *International Civil Aviation Organization* (ICAO), que congrega a comunidade internacional de aviação civil, também contribuiu para o fomento do debate, por meio de seu DOC 9966 (ICAO, 2012). Nesse documento, são expostas várias recomendações voltadas ao estabelecimento de um sistema de gerenciamento do risco da fadiga.

O Brasil tem acompanhado essa tendência. Algumas mudanças foram promovidas no cenário da aviação brasileira, tanto na esfera normativa, quanto na promoção de melhores práticas de investigação da fadiga como fator contribuinte para ocorrências aeronáuticas. A Lei nº 13.475, de 28 de agosto de 2017 (BRASIL, 2017), que dispõe sobre o exercício da profissão dos aeronautas, adota uma perspectiva mais abrangente sobre o gerenciamento dos riscos relativos à fadiga e apresenta novos limites para a jornada de trabalho dessa classe profissional.

As organizações do sistema aeronáutico brasileiro também envidaram esforços nessa direção. Os trabalhos desenvolvidos no âmbito do Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CNPAA), por meio da Comissão Nacional da Fadiga Humana (CNFH), culminaram na publicação do *Guia de investigação da fadiga humana em ocorrências aeronáuticas*, que versa sobre a metodologia de investigação detalhada para esse fator (CNFH, 2017). Ao considerar tais questões, o presente trabalho propôs-se a debater o impacto da fadiga na atividade aérea a partir de uma retrospectiva das ocorrências que tiveram a fadiga como fator contribuinte na aviação brasileira, bem como problematizar alguns aspectos relativos à investigação desse fenômeno complexo e multideterminado.

1.1 A fadiga no cenário de ocorrências aeronáuticas

Em termos estatísticos, o percentual da contribuição da fadiga para ocorrências aeronáuticas pode ser considerado ínfimo. De acordo com o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), entre 2006 e 2015 ocorreram, em média, 130 acidentes por ano envolvendo a aviação civil (CENIPA, 2016). Embora nesse período tenha sido contabilizado um total de 1294 acidentes, somente 17 relatórios finais indicaram que possivelmente houve a influência da fadiga sobre o desempenho humano (CENIPA, 2017).

Dados similares podem ser encontrados no cenário internacional. De acordo com *Civil Aviation Safety Authority* (CASA), nos últimos anos, o órgão de investigação de acidentes aeronáuticos na Austrália (*Australian Transport Safety Bureau – ATSB*) identificou 12 acidentes e 64 aproximações perdidas nas quais a fadiga foi considerada um fator relevante (CASA, 2013). Ainda, em relação ao cenário internacional, houve indicações da possibilidade de que a fadiga esteja presente entre 4 a 8% de acidentes aeronáuticos, tal como afirmado por Caldwell em 2005, conforme apontado por Kanashiro (2013).

Entretanto, apenas esses números são insuficientes para ilustrar a complexidade envolvida no fenômeno da fadiga e nos desafios que sua ocorrência impõe à segurança das operações aéreas. As mudanças na concepção de segurança operacional demandam uma perspectiva mais abrangente, que enfoque o gerenciamento dos riscos presentes no contexto de operação, e não apenas medidas reativas às falhas. Para a ICAO,

A fadiga agora é reconhecida como um perigo que degrada previsivelmente vários tipos de desempenho humano e pode contribuir para acidentes ou incidentes na aviação. A fadiga é inevitável em uma indústria 24/7 porque o cérebro humano e o corpo funcionam otimamente com o sono irrestrito durante a noite. Portanto, como a fadiga não pode ser eliminada, ela deve ser gerenciada (ICAO, 2016, p.01).

De forma geral, fadiga refere-se ao esgotamento físico ou mental decorrente de uma atividade, enquanto Fadiga de Voo pode ser conceituada como “um estado determinado pela atividade aérea que deteriora a condição psicofisiológica, ocasionando diminuição progressiva do desempenho” (KANASHIRO, 2013). Os sintomas desencadeados pela fadiga incluem alterações nos hábitos de sono; ansiedade, angústia e outras alterações emocionais; sintomas físicos como cefaleia, sudorese, palpitações, vertigens, problemas intestinais, cansaço e sonolência excessivos, dentre outros; além de afetar o desempenho humano, causando prejuízos à função executiva (memória, percepção, atenção).

1.2 O gerenciamento da fadiga na aviação: investigar para prevenir

A fadiga pode ser considerada um fenômeno multideterminado, que envolve aspectos individuais e contextuais (DORRIAN, BAULK, DAWSON, 2011; KANASHIRO, 2013; MELLO, 2008). Trata-se de uma condição produzida a partir da interação entre vários fatores, destacando-se o papel exercido pelos ritmos biológicos associados às necessidades fisiológicas de sono e descanso. Apesar da relevância dos aspectos individuais, ressalta-se que situações relacionadas ao contexto de trabalho podem desencadear a fadiga. Segundo a perspectiva adotada por Kanashiro (2005), no âmbito da aviação, as situações geradoras de fadiga envolvem fatores operacionais (ergonomia, quantidade de etapas, distribuição de tarefas, duração e horário do voo, jornada de voo, voos transmeridionais, etc.); e fatores individuais (aspectos fisiológicos, psicológicos e profissionais).

Essa perspectiva concebe a fadiga como estado consecutivo da realização de um trabalho em determinadas condições, as quais poderão afetar o desempenho humano e provocar um estado de perda de eficiência que, embora seja reversível, impacta na qualidade da atuação humana (FALZON, SAUVAGNAC; 2007). Para lidar com essas possibilidades, tão presentes na aviação moderna, a tendência atual de gerenciamento da segurança operacional prevê uma carga de responsabilidade compartilhada entre organizações e indivíduos. Tal cenário implica a necessidade de atentar para aspectos organizacionais que promovem condições facilitadoras – e, em alguns casos, até mesmo determinantes – da fadiga.

A investigação de ocorrências aeronáuticas, com ênfase na prevenção, enfoca o estabelecimento de medidas que mitiguem os riscos e a reincidência de contribuição de fatores que tornam vulnerável a segurança operacional. Com base no exposto, o presente trabalho propôs-se a analisar os Relatórios Finais de investigações de ocorrência de acidentes aeronáuticos, conduzidas pelo Estado brasileiro, em que a fadiga foi indicada como um fator contribuinte, sob a perspectiva da Psicologia. Essa análise justifica-se pela possibilidade de promover conhecimento necessário à promoção de melhorias afetas à segurança operacional, a partir da articulação entre os conhecimentos científicos e as lições obtidas nesses processos de investigação.

2 MÉTODO

Caracterizada como uma pesquisa descritiva, de natureza aplicada, o estudo foi desenvolvido a partir de uma análise documental, cujos dados foram extraídos de uma base de dados composta por Relatórios Finais de ocorrências aeronáuticas civis investigadas pelo Estado brasileiro. Os Relatórios Finais utilizados na pesquisa foram selecionados por meio das ferramentas de busca disponibilizadas pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, disponíveis no endereço eletrônico da organização e no Painel SIPAER (CENIPA, 2018), sistema gerenciado pela referida instituição e também disponível ao público externo por meio da *homepage* <http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br>.

2.1 Seleção de ocorrências aeronáuticas civis

O processo de seleção e revisão de Relatórios Finais ocorreu de forma sistematizada, considerando apenas os Relatórios Finais em que a fadiga foi indicada, na conclusão do documento, como um fator contribuinte, totalizando 24 indicações de ocorrências aeronáuticas, dos quais somente 19 possuíam Relatórios Finais acessíveis, conforme disposto na Figura 1.

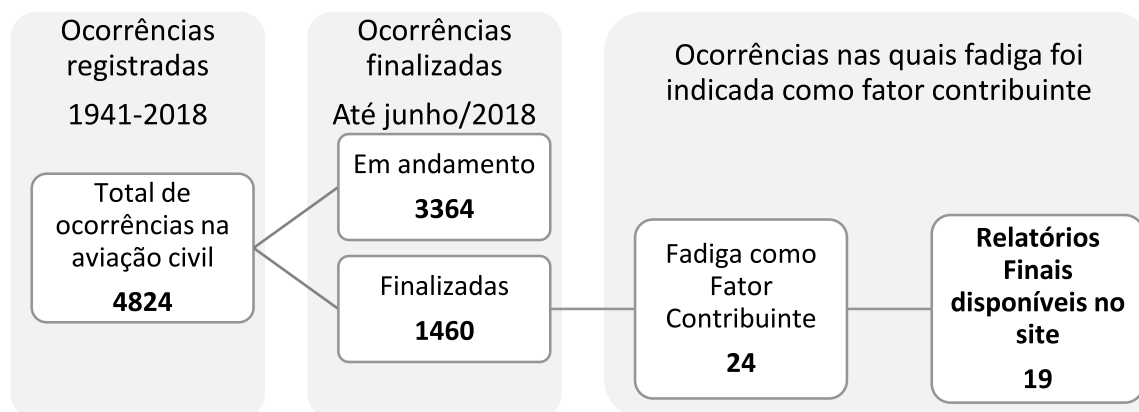


Figura 1: Sistema de seleção de Relatórios Finais inclusos na análise.

2.2 Categorização das ocorrências aeronáuticas civis

As informações que nortearam a investigação da fadiga foram categorizadas, após organização e análise dos relatórios, conforme análise de conteúdo (BARDIN, 2006). Nesse processo, foram identificados os principais elementos abordados na apresentação de informações factuais e discussão da possível influência da fadiga nos eventos relacionados à ocorrência aeronáutica investigada.

Essas categorias foram submetidas à avaliação de juizes para verificação de pertinência de pertencimento à categoria, visto que esse processo tem por base a interpretação das informações. Participaram do processo três juizes, com experiência na área de estudos científicos da fadiga e/ou familiarizados com a investigação desse fenômeno no contexto da aviação.

A partir desse processo, foram originadas três categorias de análise, a saber: 1) Aspectos organizacionais e do contexto de trabalho; 2) Fatores que afetaram o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional; e 3) Aspectos individuais considerados na investigação da fadiga, definidas no Quadro 1.

Quadro 1: Definição das categorias de análise.

Categoria	Definição
Aspectos organizacionais e do contexto de trabalho	Aspectos do gerenciamento da atividade aérea adotado pela organização e condições de trabalho ofertadas.
Fatores que afetaram o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional	Exigências e demandas profissionais e pessoais a serem atendidas e seu custo humano.
Aspectos individuais considerados na investigação da fadiga	Fatores relacionados ao gerenciamento individual do risco de fadiga, como sono, alimentação e cuidados com saúde.

3 RESULTADOS

3.1 Cenário brasileiro da fadiga em ocorrências aeronáuticas

As ocorrências aeronáuticas investigadas pelo Estado brasileiro contabilizavam, até junho de 2018, 19 Relatórios Finais em que a fadiga foi considerada um fator relevante de influência sobre o desempenho humano. O primeiro relatório disponível para consulta elencado na análise da ocorrência data de 1989, enquanto as demais ocorreram a partir do ano 2000. O Quadro 2 sintetiza informações dos referidos Relatórios Finais disponíveis.

Quadro 2: Fatores utilizados na investigação da fadiga em ocorrências aeronáuticas conduzidas pelo Estado brasileiro

Ano	Matricula	Principais elementos identificadores da Fadiga
1989	PTTCS	Avaliação da extensão da jornada de trabalho
2002	PTLIY	Avaliação das condições de descanso
2005	PTDFK	Avaliação das condições de descanso
2007	PTGSD	Análise das características da tarefa
2007	PPEIO	Análise de fatores que impactaram no ciclo vigília-sono
2007	PTOVC	Análise da quantidade de sono (débito de sono)
2008	PTONN	Análise da quantidade de sono (débito de sono)
2008	PRYSJ	Análise da rotina profissional e organização do trabalho
2009	PTRDE	Avaliação das condições de descanso
2009	PRJPR	Avaliação da extensão da jornada de trabalho e características da tarefa
2010	PTYRE	Avaliação do tempo de repouso disponível
2010	PTWKQ	Análise de aspectos individuais
2010	PTGKQ	Análise da rotina profissional e organização do trabalho
2010	PTYBF	Relato de cansaço

2012	PTMFW	Análise da rotina profissional e organização do trabalho
2012	PTGXN	Análise das características da tarefa
2013	PTUIC	Análise da rotina pessoal e profissional
2014	PTYJJ	Avaliação da extensão da jornada de trabalho
2014	PRAFA	Análise de voz, fala e linguagem

Fonte: Dados da pesquisa obtidos por meio do Painel SIPAER e Sistema POTTER (CENIPA, 2018)

As informações utilizadas durante o processo investigativo das ocorrências aeronáuticas apresentadas no Quadro 2 consideraram as informações apresentadas ao longo dos Relatórios Finais das ocorrências aeronáuticas civis. Ressalta-se que a ênfase recaiu sobre as técnicas e estratégias empregadas pela Comissão de Investigação e a natureza dos dados que foram analisados. Desse modo, os principais elementos identificadores da fadiga fazem referência ao enfoque dado pela Comissão de Investigação a cada dado, de modo que o conteúdo das ocorrências não será abordado ao longo do estudo.

3.2 Aspectos organizacionais e do contexto de trabalho

Foram identificados nove Relatórios Finais que abordaram aspectos relacionados ao ambiente de trabalho, os quais têm sido amplamente reconhecidos na literatura como fatores que afetam o desempenho e a motivação dos profissionais. Embora a motivação seja um processo intrínseco, a desmotivação diante de condições desfavoráveis a si e ao desenvolvimento do seu trabalho é uma tendência do ser humano. Ressalta-se que todo profissional necessita que suas necessidades básicas (alimentação, sono, segurança, necessidades fisiológicas) e sociais sejam devidamente atendidas para que haja engajamento em ações que visam ao bom desempenho profissional.

A organização do trabalho é fundamental para o estabelecimento de um ritmo de trabalho que permita o gerenciamento do risco da fadiga, a qual representa um risco a todos os profissionais que atuam no contexto aeronáutico. O desgaste gerado por uma jornada de trabalho extensa ou por constantes mudanças no horário, exigindo readaptações contínuas ao ciclo vigília-sono, pode reduzir significativamente as habilidades cognitivas, tais como atenção, percepção, memória e processo decisório, levando a um desempenho aquém do esperado (DORRIAN; BAULK; DAWSON, 2011; MELLO et al, 2008; REASON, 1997).

Entre os aspectos observados que auxiliaram na identificação ou suspeição da influência da fadiga, constavam aqueles relacionados à extensa jornada de trabalho; características da tarefa desempenhada, considerando a complexidade ou nível de exigência da tarefa; e em relação aos processos ou à própria organização do trabalho, o que gerou problemas na escala ou rotina dos profissionais. Nesse contexto, ressalta-se um caráter evolutivo na percepção e identificação de fatores que favoreceram a suscetibilidade à fadiga. Sem restringir-se aos aspectos prescritivos dos limites estabelecidos em legislação, as investigações avançaram na busca por elementos de influência sobre o desempenho humano mesmo nos casos em que os limites de jornada máxima vigentes haviam sido respeitados. O Quadro 3 sintetiza a classificação das ocorrências e a categoria de aviação na qual a aeronave estava registrada.

Quadro 3: Classificação da ocorrência e contexto de aviação da categoria “Aspectos organizacionais e do contexto de trabalho”

Matricula	Ano	Classificação da ocorrência	Contexto da aviação
PTTCS	1989	Perda de controle em voo	Transporte Público Regular
PTGSD	2007	Colisão em voo com obstáculo	Aeroagrícola
PPEIO	2007	Colisão em voo com obstáculo	Administração Direta – Segurança Pública
PRYSJ	2008	Colisão em voo controlado contra o terreno	Administração Direta – Segurança Pública
PRJPR	2009	Perda de controle em voo	Aeroagrícola
PTGKQ	2010	Colisão em voo controlado contra o terreno	Transporte aéreo não regular – táxi-Aéreo
PTMFW	2012	Pane seca	Transporte aéreo não regular – táxi-Aéreo
PTGXN	2012	Saída de pista	Aeroagrícola
PTYJJ	2014	Perda de controle em voo	Operador particular

À época das investigações, estava vigente a Lei nº 7.183 (BRASIL, 1984), que regulava o exercício profissional do aeronauta. Os limites prescritivos estabelecidos nessa legislação auxiliaram na identificação da fadiga em algumas das ocorrências aeronáuticas apresentadas. Contudo, houve casos nos quais foi possível indicar a fadiga como fator contribuinte,

mesmo quando os limites prescritivos haviam sido cumpridos. A Lei nº 13.475, aprovada em 2017 (BRASIL, 2017), revogou a Lei nº 7.183 (BRASIL, 1984), sendo conhecida como “a nova lei do aeronauta”. Embora também tenham sido estipulados limites prescritivos, a nova lei flexibilizou alguns aspectos, permitindo que os limites sejam reajustados conforme o sistema de gerenciamento da fadiga adotado pelos operadores¹. Essa mudança resultou na demanda por uma avaliação mais compreensiva de fatores que possam favorecer a ocorrência da fadiga, além da extensão da jornada de trabalho.

A exigência de esforço e carga de trabalho relacionada às características das tarefas desempenhadas também pode ser considerada um dos indicadores de aumento de suscetibilidade à fadiga, estando presente em três Relatórios Finais. Nessa perspectiva, destacou-se a demanda gerada pela aviação agrícola, cujas especificidades sugeriram a necessidade de considerar o impacto de tais características e do envolvimento do piloto com a atividade aérea, independentemente do cumprimento do limite prescritivo de jornada de trabalho.

3.3 Fatores que afetaram o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional

O ritmo de trabalho que caracteriza a atividade aérea afeta as demais esferas da vida dos profissionais atuantes no sistema aeronáutico. A natureza da atividade, por si só, impõe uma rotina que exige adaptações e flexibilidade. Contudo, quando as demandas e exigências se apresentam em elevada frequência, o gerenciamento individual pode ser severamente afetado, vindo a comprometer a qualidade de vida desses profissionais.

O elo entre a vida pessoal e profissional deve ser cuidadosamente considerado ao se estabelecer um sistema de gerenciamento do risco da fadiga, já que se trata de uma responsabilidade compartilhada na esfera individual e organizacional (CNFH, 2017; ICAO, 2012).

Condições de vulnerabilidade que afetaram o desempenho humano foram observadas em cinco Relatórios Finais, cujas características do contexto da ocorrência constam no Quadro 4. Inadequações relativas às condições de descanso foram as circunstâncias mais citadas, porém, houve ocorrências em que foi possível verificar discrepâncias relacionadas ao ciclo vigília-sono ou à rotina pessoal e profissional adotada pelos envolvidos na ocorrência investigada.

Quadro 4: Classificação da ocorrência e contexto de aviação da categoria “Equilíbrio entre vida pessoal e profissional”

Matricula	Ano	Classificação da ocorrência	Contexto da aviação
PTLIY	2002	Perda de controle no solo	Operador particular
PTDFK	2005	Falha de motor em voo	Operador particular
PTRDE	2009	Perda de controle no solo	Operador particular
PTYRE	2010	Falha de sistema ou componente	Operador particular
PTUIC	2013	Perda de controle em voo	Aeroagrícola

Ressalta-se que um adequado gerenciamento do risco da fadiga deve prover ao indivíduo tanto a oportunidade para o sono, quanto a oportunidade para o descanso. Embora dormir seja necessário para evitar ou promover a recuperação de um possível quadro de fadiga, garantir apenas a oportunidade de sono é insuficiente. É necessário que o indivíduo tenha oportunidade de descansar, mesmo que sem dormir, envolvendo-se com suas outras atividades de lazer e convívio social e mantendo o elo entre a vida pessoal e profissional em equilíbrio (CASA, 2013; MELLO, 2008).

As questões envolvidas nessa discussão aprofundam-se e tornam-se mais complexas quando são considerados os aspectos culturais socialmente difundidos na atualidade, em que prevalece a valorização do trabalho e da produtividade, fundamentada na lógica capitalista. De acordo com Aquino (2015, p.484):

Essa valorização do trabalho deslocou o ócio a um lugar quase marginal ante os valores do capitalismo moderno. Surge daí a noção de uma rivalidade entre duas categorias – ócio e trabalho – uma vez que no emergente modelo capitalista, uma atividade, para ser valorada, deveria necessariamente ser geradora de riqueza.

Apesar de figurar no imaginário social a noção de que o ócio e o lazer rivalizam com o trabalho, o equilíbrio entre as demandas da esfera pessoal e profissional possibilitam ao indivíduo experimentar bem-estar psicológico e social (BARTHE;

¹ Conforme expresso na Lei 13.475, em seu Art. 19: “As limitações operacionais estabelecidas nesta Lei poderão ser alteradas pela autoridade de aviação civil brasileira com base nos preceitos do Sistema de Gerenciamento de Risco de Fadiga Humana” (BRASIL, 2017).

GADBOIS; PRUNIER-POULMAIRE; QUÉINNEC, 2007). Por isso, o gerenciamento dos riscos relativos à fadiga e a adoção de práticas preventivas deve ser uma preocupação tanto a nível individual quanto organizacional.

3.4 Aspectos Individuais considerados na investigação da fadiga

A fadiga consiste em um fenômeno complexo e multideterminado, que está intimamente relacionado aos ritmos circadianos dos seres humanos. Desse modo, alguns aspectos individuais são relevantes ao se considerar a prevenção e o gerenciamento dos riscos relativos à fadiga. Em cinco dos Relatórios Finais indicados, estiveram presentes questões como débito de sono, interrupção ou prejuízo ao ciclo vigília-sono, sobrecarga autoprovocada ou inadequado gerenciamento individual de fatores desencadeantes da fadiga.

Quadro 5: Classificação da ocorrência e contexto de aviação da categoria “Aspectos individuais considerados na investigação da fadiga”

Matricula	Ano	Classificação da ocorrência	Contexto da aviação
PTOVC	2007	Perda de controle em voo	Transporte aéreo não regular – táxi-Aéreo
PTONN	2008	Perda de controle em voo	Operador particular
PTWKQ	2010	Problemas fisiológicos	Transporte aéreo não regular – táxi-Aéreo
PTYBF	2010	Perda de controle em voo	Instrução privada
PRAFA	2014	Perda de controle em voo	Operador particular

Ressalta-se que apenas um Relatório Final apontou o próprio relato do indivíduo como um aspecto para identificação da fadiga. A obtenção de dados subjetivos da fadiga ainda consiste em um desafio à investigação. Há uma variedade de instrumentos disponíveis para avaliar a fadiga subjetiva, ou seja, aquela percebida pelo indivíduo. Contudo, o uso de medidas autorreferentes na mensuração da fadiga ainda tem sido pouco aplicado no contexto aeronáutico.

Em contrapartida, a utilização desses recursos tem sido recorrente em pesquisas realizadas na área, como observado nos trabalhos de Dorrian, Baulk e Dawson (2011); Honn, Satterfield, McCauley, Caldwell e Van Dongen (2016); Licati, Rodrigues, Wey, Discher e Menna-Barreto (2015). Alguns trabalhos enfocaram a difusão da utilização de instrumentos autorreferentes para gerenciamento da fadiga (ICAO, 2012; KANASHIRO, 2013). No contexto operacional, o emprego de medidas autorreferentes possibilita a obtenção de dados de forma simples e rápida, demonstrando ser uma alternativa viável em comparação às estratégias e instrumentos que demandam diferentes medidas para coleta de dados mais objetivos (ICAO, 2012).

Por fim, em um dos casos, a detecção da fadiga foi realizada por meio de uma análise biométrica dos parâmetros de voz, fala e linguagem, o que permitiu a suspeição da fadiga como um fator contribuinte ao acidente investigado. Esse recurso foi utilizado pela primeira vez em investigações de ocorrências aeronáuticas conduzidas pelo Estado brasileiro, sendo resultado de pesquisas desenvolvidas na área de fatores humanos. O emprego desse recurso no contexto aeronáutico tem sido foco de pesquisa desenvolvida por Vasconcelos, Vieira e Yehia (2017).

4 DISCUSSÃO

A fadiga tem sido estudada há mais de cem anos (HOCKEY, 2011). No contexto de trabalho, a pressão por maior produtividade incentivou a investigação da fadiga no final do século XIX, sendo considerada “um sério obstáculo ao desempenho e grave causa de sofrimento ao trabalhador” (MALVEZZI, 2011, p.15). Ao considerar o cenário da aviação brasileira, ressalta-se que a fadiga não figura como um fator contribuinte recorrente nos Relatórios Finais emitidos pelo CENIPA, contabilizando ao todo 19 ocorrências à época da pesquisa, realizada em 2018. No entanto, esse número não reduz a relevância do desenvolvimento de pesquisas e ferramentas adequadas ao gerenciamento da fadiga e à identificação de sua influência em ocorrências aeronáuticas.

Concorrem para esse cenário as dificuldades encontradas na investigação de ocorrências aeronáuticas. Nesse processo investigativo, deve-se considerar uma ampla gama de informações e fatores que, quando combinados, reduzem os níveis de segurança operacional e favorecem o acidente. Diante desses desafios, a natureza complexa e multideterminada da fadiga, por vezes, impõe restrições que inviabilizam uma análise ampliada desse fenômeno em relação à ocorrência investigada.

Para superar essas barreiras, é preconizada no Brasil a atuação integrada e multidisciplinar de uma Comissão de Investigação que englobe investigadores dos fatores operacional, material e humano. Devido a questões relacionadas a recursos humanos e financeiros da atividade investigativa, ocorrências mais simples podem contar com uma equipe menor. Contudo, em ocorrências mais complexas, a composição completa de uma Comissão de Investigação é prioritária. Essa postura é condizente com as práticas encontradas em outros países. De acordo com o CENIPA,

Uma prática internacionalmente consagrada para acidentes de grandes proporções consiste na formação de grupos para permitir uma melhor

cobertura de todos os aspectos da investigação, cabendo ao investigador-encarregado a orientação e a coordenação dos trabalhos desenvolvidos em cada grupo (CENIPA, 2011, p.29).

A defasagem da participação de investigadores do fator humano em relação ao número de ocorrências investigadas no Brasil pode ser indicada como um elemento que impactou, ao longo dos anos, na identificação da influência da fadiga em ocorrências aeronáuticas. Não obstante, a complexidade da fadiga gera dificuldades para sua determinação no âmbito investigativo, sendo necessário o aprimoramento das ferramentas preventivas e investigativas. De acordo com Kanashiro (2013, p.190),

Fadiga de Voo é um problema complexo presente na aviação moderna. Embora as consequências de longas horas de atividade aérea já tenham sido reconhecidas desde os anos 20 do século passado, o impacto da fadiga sobre as tripulações é frequentemente subestimado.

As investigações de ocorrências aeronáuticas conduzidas pelo Estado brasileiro encontram respaldo nas normas instituídas pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Aos preceitos da Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica 3-13 (NSCA 3-13), o processo de investigação no âmbito SIPAER tem por finalidade exclusiva produzir conhecimentos que auxiliem na prevenção de novas ocorrências aeronáuticas (CENIPA, 2017).

Toda ocorrência aeronáutica deve ser considerada de forma contextualizada, levando-se em conta aspectos relativos ao desempenho humano, à aeronave, à organização e ao sistema aeronáutico em sua totalidade. Na investigação da influência da fadiga, são consideradas como possíveis ferramentas de investigação: a realização de entrevistas e a análise da rotina pessoal e profissional, bem como da jornada de trabalho, considerando as determinações legais e prescritivas vigentes. Além disso, o levantamento de informações médicas e uma análise das características das tarefas efetuadas em voo também poderão contribuir para o delineamento dos níveis de suscetibilidade do indivíduo a um quadro de fadiga.

Os resultados das investigações identificadas assinalaram a relevância de estabelecer e/ou redesenhar os processos organizacionais, de modo a incluir recursos de mensuração, prevenção e precaução da fadiga. Ressalta-se que contextos em que as operações aéreas eram gerenciadas de forma mais estruturada foram aqueles em que os efeitos das falhas na organização do trabalho puderam ser explorados de forma mais abrangente, uma vez que os recursos e processos existentes permitiram rastrear dados e/ou identificar falhas na sistematização desses processos. Em contrapartida, tais informações podem não ter sido acessíveis durante a investigação de ocorrências em contextos nas quais a atividade aérea ocorria com maior informalidade.

Entre os nove Relatórios Finais que compuseram a primeira categoria, somente uma ocorrência estava relacionada a um contexto de operação particular². Nesse caso específico, aspectos voltados aos processos de organização da atividade aérea puderam ser identificados devido ao vínculo empregatício e condições de trabalho ao qual o piloto estava submetido, tais como as condições de disponibilidade para o voo e a execução de voo noturno sem a devida capacitação para o voo por instrumentos³.

Ao se avaliar características que incidiram sobre o equilíbrio entre a vida pessoal e profissional, observou-se um cenário diferente, com predominância de ocorrências voltadas a voos privativos, em atendimento a operadores particulares. Nesse sentido, condições mais precárias de formalização de processos dificultam o gerenciamento da atividade aérea e, em consequência, do risco da fadiga, uma vez que se exige uma responsabilidade compartilhada entre operadores/gestores e os profissionais da aviação.

Essa questão também é evidenciada na categoria de aspectos individuais considerados na investigação da fadiga, dado que tanto em contextos de operação mais estruturados, tais como empresas de táxi-aéreo, como em contextos mais informais, detectou-se atitudes de pilotos que concorreram para ampliar a suscetibilidade à fadiga, expondo-se a riscos desnecessários que culminaram na redução da margem de segurança operacional. Entre tais atitudes, podem ser citadas assumir o voo com débito de sono, dieta inadequada e uso de medicamentos.

Nesse contexto, a Psicologia tem muito a contribuir. A análise do trabalho é uma das atividades que permite identificar pontos vulneráveis e potencialidades do desenho do trabalho e do contexto no qual a atividade aérea ocorre. A partir desse tipo de análise, torna-se possível definir recursos e processos de identificação e gerenciamento dos riscos relativos à fadiga. Quando realizada a partir de métodos híbridos, a análise do trabalho permite enfocar tanto a descrição e compreensão da atividade desenvolvida pelo profissional (*work-oriented*), quanto a identificação de características exigidas para que o desempenho do profissional seja satisfatório (*worker-oriented*), possibilitando uma visão ampliada para mapeamento de processos (WILSON; BENNETT; GIBSON; ALLIGER, 2012).

Não obstante, a Psicologia também pode atuar no desenvolvimento de programas de treinamento focados à identificação de estratégias de gerenciamento da fadiga a nível individual e organizacional. Há necessidade de fomento à educação acerca da

² Conforme classificação adotada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

³ Para melhor compreensão da ocorrência, vide Relatório Final da ocorrência PT-YJJ, de 2014.

fadiga e da responsabilidade compartilhada, visando reduzir a exposição indevida aos riscos advindos de um gerenciamento inadequado ou sobrecarga autoprovocada.

Apesar dos desafios que ainda persistem, o Brasil tem avançado nas questões relativas à investigação da fadiga. Em 2015, a possível influência da fadiga no desempenho de um tripulante envolvido em um acidente aeronáutico foi detectada por meio da análise de voz, fala e linguagem. O uso de modelos biomatemáticos para predição da efetividade do desempenho humano também tem sido apontados em alguns estudos como uma possível ferramenta de investigação (LICATI *et al*, 2015).

Tais ferramentas constituem um avanço porque permitem estabelecer, com maior nível de confiabilidade, a presença ou não de um quadro de suscetibilidade à fadiga durante o voo ou execução de tarefa relativa à ocorrência aeronáutica. Ressalta-se que, em um estado de fadiga, ocorre um aumento no tempo de resposta do indivíduo, demandando um tempo maior para perceber, interpretar ou reagir a estímulos (MELLO, 2008).

Embora haja recursos disponíveis para aprimorar o processo investigativo, a ausência de uma metodologia padronizada limitava a detecção da fadiga como fator contribuinte para acidentes aéreos. Entretanto, a comunidade aeronáutica tem envidado esforços para lidar com tais desafios. Em 2013, o Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CNPAA) aprovou a criação de uma comissão temporária voltada ao estudo da fadiga. A Comissão Nacional da Fadiga Humana (CNFH) iniciou seus trabalhos com o objetivo de desenvolver uma metodologia detalhada e adequada à realidade brasileira para investigação da fadiga, conforme exposto no “Guia de investigação da influência da fadiga em ocorrências” (CNFH, 2017).

Os trabalhos da CNFH seguem com outras pesquisas, ainda em andamento, que visam estabelecer parâmetros para a elaboração de uma base de dados mais robusta acerca da fadiga no cenário da aviação brasileira. Embora a metodologia de investigação possa ser considerada um importante mecanismo para incrementar as ações de prevenção reativa no âmbito aeronáutico outras ações se fazem necessárias. Afinal, medidas proativas e preditivas configuram uma exigência para que haja um adequado gerenciamento da segurança operacional e são estimuladas por meio das Recomendações de Segurança emitidas em Relatórios Finais.

Além disso, a aprovação da Lei nº 13.475 (BRASIL, 2017), que rege a atuação profissional de aeronautas, constituiu um movimento significativo no âmbito regulatório e demandará a reconfiguração de alguns processos existentes nas organizações envolvidas com a atividade aérea. Ao menos no âmbito das investigações conduzidas pelo Estado brasileiro, as iniciativas já adotadas demonstraram que há receptividade e fomento para que novas formas de prevenir acidentes e gerenciar os riscos relacionados à fadiga sejam construídas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que tange à fadiga, o Brasil tem avançado a partir de algumas ações voltadas à investigação de ocorrências aeronáuticas. Os frutos da prevenção reativa promovida por essas investigações podem ser considerados uma fonte valiosa de informações, visando conhecer e gerenciar os riscos que a fadiga agrega ao contexto operacional da aviação.

Somado às modificações nas regulamentações da profissão do aeronauta e em direção ao sistema de gerenciamento do risco da fadiga, as ações desenvolvidas no Brasil sinalizam que a busca por novas formas para lidar com os desafios presentes no cenário atual da aviação tem sido um propósito compartilhado por diferentes organizações do sistema aeronáutico.

O contexto acadêmico, que tanto contribuiu para a elucidação dos efeitos da fadiga, também pode avançar em suas contribuições. Embora muito conhecimento esteja disponível, outras pesquisas empíricas são necessárias para agregar novos saberes relativos considerando as características específicas da aviação.

A interação de variáveis individuais e organizacionais consiste em uma peculiaridade da fadiga no contexto de trabalho, o que implica a necessidade por estudos delineados com triangulação que permitam o cruzamento de dados em diferentes níveis. Além disso, as mudanças mais recentes no âmbito da legislação e formas de gerenciamento admitidas na aviação demandam o desenvolvimento e maior aplicabilidade de ferramentas e modelos teóricos e metodológicos para o gerenciamento dos riscos relativos à fadiga e aprimoramento da segurança operacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, C. B. Ócio e Trabalho. In BENDASSOLLI, P. F.; BORGES-ANDRADE, J. E. (Orgs.). *Dicionário de psicologia do Trabalho e das organizações*. São Paulo: Casa do psicólogo, 2015.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2006.
- BARTHE, B.; GADBOIS, C.; PRUNIER-POULMAIRE, S.; QUÉINNEC, Y. Trabalhar em horários atípicos. Em: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. pp.97-110.
- BRASIL. Casa Civil. *Lei Nº 7.183, de 5 de abril de 1984*. Regula o exercício da profissão de aeronauta e dá outras providências [revogada pela Lei Nº 13.435, de 28 de agosto de 2017. Brasília, 1984. Disponível em www.planalto.gov.br.
- BRASIL. Casa Civil. *Lei Nº 13.435, de 28 de agosto de 2017*. Dispõe sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, denominado aeronauta, e revoga a Lei Nº 7.183, de 5 de abril de 1984. Brasília, 2017. Disponível em www.planalto.gov.br.

- CASA. Civil Aviation Safety Authority. Australian Government. *Fatigue Management for the Australian Aviation Industry. Trainer's handbook*. Canberra, 2013.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. *FCA 58-1. Panorama estatístico da aviação civil brasileira*. Brasília, 2016.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. *MCA 3-6. Manual de Investigação do SIPAER*. Brasília, 2011.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. *NSCA 3-13. Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica 3-13: Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas*. Brasília, 2017.
- CENIPA. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS. *Painel SIPAER. Ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira*. Disponível em <http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br>. Acesso em 30 junho 2018.
- CNFH. Comissão Nacional da Fadiga Humana. *Guia de investigação da fadiga humana em ocorrências aeronáuticas*. Brasília, 2017. Disponível em www.cesv.cenipa.gov.br.
- DEKKER, S. *The field guide to understanding human error*. Burlington: Ashgate, 2006.
- DORRIAN, J; BAULK, SD; DAWSON, D. Work hours, workload, sleep and fatigue in Australian Rail Industry employees. *Applied Ergonomics*, v.42, pp. 202-209, 2011. doi: 10.1016/j.apergo.2010.06.009
- FALZON, P.; SAUVAGNAC, C. Carga de trabalho e estresse. Em: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. pp.141-154.
- HOCKEY, G. R. J. A motivational control theory of cognitive fatigue. In ACKERMAN, P. L. (Org). *Cognitive fatigue: multidisciplinary perspectives on current research and future applications*. Washington: American Psychological Association, 2011.
- HONN, K. A.; SATTERFIELD, B. C.; MCCAULEY, P.; CALDWELL, J. L.; DONGEN, H. P. A. V. Fatiguing effect of multiple take-offs and landings in regional airline operations. *Accident Analysis and Prevention*, V 86, pp.199-208, 2016. doi: 10.1016/j.aap.2015.10.005
- ICAO. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. DOC 9966. *Fatigue Risk Management Systems-FRMS: Manual for Regulators*. Montreal: ICAO, 2012.
- ICAO. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Fatigue Management Guide for General Aviation Operators*. Montreal: ICAO, 2016.
- KANASHIRO, R. G. Fadiga de voo In: W. F. Temporal (Org). *Medicina aeroespacial*. Rio de Janeiro: Luzes, 2005.
- KANASHIRO, R. G. Jornada de voo na aviação de transporte e a prevenção da fadiga. *Revista Conexão SIPAER*, v.4, n. 2, pp.190-199, 2013.
- KERN, T. *Culture, environment and CRM*. New York: Mc-Graw-Hill, 2001.
- LICATI, P. R.; RODRIGUES, T. E.; WEY, D.; FISCHER, F. M.; MENNA-BARRETO, L. Correlação dos prognósticos do programa FAST com relatos de fadiga de pilotos da aviação civil brasileira. *Revista Conexão SIPAER*, v.6, n. 1, pp.7-17, 2015.
- MALVEZZI, S. Prefácio. In: ZANELLI, J. C.; BORGES-ANDRADE, J. E.; BASTOS, A. V.B. (Orgs.). *Psicologia, Organizações e Trabalho no Brasil*. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- MELLO, M.T. *Sono: Aspectos Profissionais e Suas Interfaces na Saúde*. São Paulo: Atheneu, 2008.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Technical Memorandum 110404. *Principles and Guidelines for duty and rest scheduling in commercial aviation*. Califórnia, 1996.
- NTSB. National Transportation Safety Board. *Fatigue Resource Guide*. 2ª edição. Washington, 2006.
- REASON, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Burlington: Ashgate, 1997.
- TSB. Transportation Safety Board of Canadá. *A guide for investigating for fatigue*. Canadá, Set 2002.
- VASCONCELOS, C. A.; VIEIRA, M. N.; YEHIA, H. C. Detecção de fadiga e sonolência em aviador por meio da análise acústica da fala: caso de acidente aeronáutico. *Dédalo - Revista de Segurança de Voo e Aviação do Exército*, p. 25 - 27, 01 out. 2017.
- WILSON, M. A.; BENNETT, W.; GIBSON, S. G.; ALLIGER, G. M. *The handbook of work analysis: Methods, systems, applications and science of work measurement in organizations*. New York, NY: Routledge, 2012.
-

Cobertura vegetal em aeroportos e Gerenciamento de Risco de Fauna: uma visão agrônômica

Francisco H. Dübbern de Souza¹, Marcos Rafael Gusmão²

1 Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA

2 Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA

RESUMO: Coberturas vegetais permanentes de superfícies de solo desempenham diversas funções de grande relevância ambiental. Em faixas de pista em aeroporto, além dessas, espera-se também que contribuam para mantê-las livres de obstáculos físicos e visuais e que não ofereçam atrativos à fauna capaz de representar riscos de segurança às aeronaves. Por essa razão, a implantação e a manutenção desta cobertura são fundamentais à prevenção de riscos de fauna nesse ambiente. O êxito dessas ações depende da composição de programas constituídos por conjuntos de práticas agrônômicas especialmente selecionadas para cada local; algumas dessas foram discutidas nesse trabalho. Essa "agricultura de aeroportos" pode contribuir à redução do risco de fauna, à diminuição de custos de manutenção e à redução da necessidade de uso de técnicas e de métodos ativos de dispersão de fauna. Entretanto, deve ser vista como integrante fundamental, porém, não exclusivo, do gerenciamento do risco de fauna nesses ambientes.

Palavras Chave: Manejo de Fauna. Manejo de Vegetação. Segurança Aeroportuária. Segurança de Voo. Cobertura Vegetal.

Vegetation Management and Wildlife Hazard in airports: an agronomic view

ABSTRACT: Permanent plant covering of soil surfaces performs several functions of great environmental relevance. In airstrip margins, additionally, it is expected to contribute to the absence of visual and physical obstacles and not to represent any kind of attraction to fauna capable of jeopardize airplane safety. Hence, the establishment and maintenance of this covering are pivotal to programs aiming fauna management in airports. The success of these actions depends on collections of agricultural practices specifically suited to each local; some of these were discussed in this work. As such, this "airport agriculture" may contribute to the reduction of fauna risks to aviation, of maintenance costs, and of need for use of active methods and techniques of fauna dissuasion. It should be taken, however, as a fundamental but not exclusive component of fauna dissuasion programs in these ambients.

Key words: Fauna Management. Vegetation Management. Airport Safety. Flight Safety. Plant Covering

Citação: Souza, FHD, Gusmão, MR. (2018) Cobertura Vegetal em Aeroportos e Gerenciamento de Risco da Fauna: Uma Visão Agrônômica. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 22-30.

1 INTRODUÇÃO

Desde há muito, coberturas vegetais permanentes de superfícies de solo têm sido cultivadas para atender a ampla gama de propósitos, dentre os quais se destacam os antierosivos, os paisagísticos, os recreativos e os esportivos. Em realidade, esse tipo de cobertura desempenha também muitas outras funções concomitantes de grande relevância ambiental; dentre essas estão a prevenção de erosões, a produção de oxigênio, a fixação de carbono atmosférico, a facilitação da infiltração de água no solo, a biodegradação de compostos orgânicos sintéticos, a supressão de plantas indesejáveis, a redução do risco de incêndio, a dissipação de calor, a atenuação de ruídos, a redução de material particulado do ar (poeira), além de outros (STIER et al., 2013).

Tais funções são também desejadas para a cobertura vegetal das faixas de pista em aeródromos. Entretanto, por questões de segurança, é fundamental que esta contribua também para que esses locais permaneçam livres de obstáculos físicos e visuais e, sobretudo, que não ofereça oportunidades de descanso, de abrigo ou de alimentação à fauna capaz de representar riscos à operação de aeronaves. A importância desses atributos é justificada pelo fato de grande parte dos incidentes aeronáuticos envolvendo fauna ocorrer dentro do perímetro dos aeroportos, nas fases do voo de decolagem e de pouso (DOLBEER, 2006; CENIPA, 2016).

O desempenho dessas funções depende das características da cobertura, determinadas por sua composição botânica, pelo clima e solo locais e pelo manejo a que é submetida. Ações estratégicas de seu manejo têm-se tornado componentes fundamentais de programas de prevenção de riscos de fauna nesses ambientes, à medida que aumenta o interesse por práticas biologicamente embasadas, e que são reconhecidas suas potencialidades como provedoras de resultados de longo prazo. É consenso entre especialistas a noção de que a adoção de gerenciamento passivo, ou seja, tornar o ambiente aeroportuário menos atrativo para a fauna, é mais eficaz que gerenciamento ativo (i.e., uso de técnicas de dispersão) [DeVAULT et al., 2011; PATRICK & SHAW, 2012; PENNELL & ROLSTON, 2013].

Por esses motivos, faz-se necessário implementar programas de manejo que considerem as interações existentes entre fauna, cobertura vegetal e fatores de natureza climática, edáfica e operacional, específicas para cada local. Neste trabalho são discutidas alternativas agrônômicas à implantação e ao manejo de áreas cobertas por vegetação permanente nas faixas de pista de aeroportos brasileiros, capazes de ali contribuir à redução de risco de fauna.

2 O GERENCIAMENTO DO RISCO DE FAUNA: PECULIARIDADES BRASILEIRAS

O grau de êxito alcançado por programas de longo prazo de controle dos riscos de fauna em ambientes aeroportuários é condicionado pelo conhecimento das múltiplas interações prevalentes em cada local (Figura 1) [WASHBURN & SEAMANS, 2013]. Essa é uma tarefa multidisciplinar e complexa.

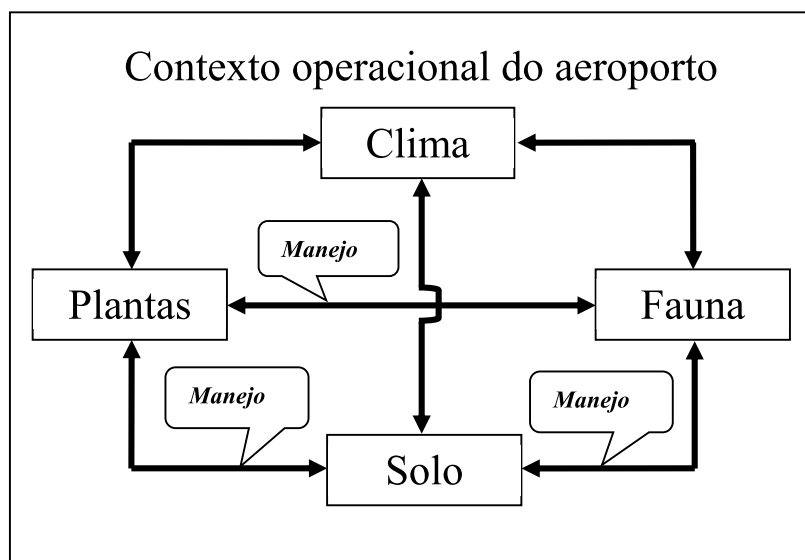


Figura 1: Interações potenciais entre clima, plantas, fauna e solo, condicionantes de programas gerenciais de manejo de coberturas vegetais permanentes de superfícies de solo em faixas de pistas em aeroportos.

Tais interações são específicas para cada local. Apesar disso, entretanto, algumas generalizações são possíveis para condições brasileiras. Por exemplo: 1) na fauna associada a colisões com aeronaves predominam espécies carnívoras-insetívoras. São poucas as espécies exclusivamente granívoras, onívoras ou carnívoras, mas é grande o número ou a frequência de indivíduos de determinadas espécies desses grupos nos aeroportos (CENIPA, 2016); 2) formigas e gafanhotos são os grupos predominantes de artrópodes em vários dos principais aeroportos brasileiros onde constituem parte importante da dieta das aves associadas a riscos de fauna (Ferreira, Rocha e Abreu, 2015); 3) nas faixas de pista de vários aeródromos são encontradas áreas cuja cobertura vegetal resulta do crescimento espontâneo de grande número de espécies, pertencentes a várias famílias botânicas. Em alguns locais há grande ocorrência de gramíneas exóticas, rústicas e prolíficas [exemplo: "capim-braquiária" - *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) *decumbens* (Stapf) R.D. Webster (e.g., Abreu et al., 2017)] que, a menos que sejam podadas com frequência, oferecem abundante alimentação (flores e sementes, por exemplo) às aves, aos insetos e aos roedores e acumulam volumosa massa vegetal susceptível à queima, em especial onde ocorrem períodos secos prolongados, como nas regiões Centro-Oeste e Sudeste onde são mais encontradas (PIVELLO, 2011). Essa composição florística ampla, varia e prolonga as oportunidades de alimentação e de abrigo à fauna, contribuindo assim à sua diversidade, densidade e permanência; 4) por outro lado, tal como mostram imagens disponíveis no Google Earth², em vários aeroportos as faixas de pista apresentam vastas áreas desprovidas de vegetação, mostrando-se ocupadas unicamente por subsolo exposto por terraplanagens, em geral compactado, pobre em matéria orgânica e em fertilidade. Nessa situação esses aeroportos deixam de obter os muitos benefícios proporcionados por coberturas vegetais e de prestar importante serviço ambiental.

Assim, conclui-se que os principais desafios do manejo de faixas de pista em vários aeroportos brasileiros consistem em estabelecer ou ampliar uma cobertura vegetal permanente, homogênea, composta por número reduzido de espécies vegetais, que desestimule (principalmente) a presença de insetos e que seja adaptada a solos de baixa fertilidade. Alternativas agronômicas podem dar grande contribuição ao alcance dessa meta; várias delas serão discutidas a seguir.

3 ALTERNATIVAS GERENCIAIS DO RISCO DE FAUNA:

3.1 Estabelecimento da cobertura vegetal

3.1.1 As plantas

A obtenção e a preservação de uma cobertura vegetal ampla, homogênea e perene das faixas de pista dependem em grande parte da sua composição botânica. Essa, além da adaptação às condições edafoclimáticas locais, deve apresentar um conjunto de

atributos dentre os quais estão: oferta restrita de alimentação e de abrigo à fauna, resistência à invasão de outras espécies de plantas indesejáveis, capacidade de prevenir erosões hídricas e eólicas do solo, boa qualidade ornamental, tolerância a tráfego veicular, baixo requisito de manutenção, tolerância à seca, baixa flamabilidade, baixo potencial invasor e pouca atratividade aos invertebrados (DEKKER, 2000; LINNEL, CONOVER, OHASHI, 2009; WASHBURN & SEAMANS, 2013). Na escolha da espécie vegetal a ser cultivada em determinado local, o peso a ser atribuído a cada um dos atributos listados deve variar em função das espécies da fauna a serem dissuadidas; para tanto, faz-se necessário conhecer as razões da sua presença no local (LINNEL, CONOVER, OHASHI, 2009). A sistemática para o monitoramento da fauna em aeroportos proposta por Souza, Gomes & Carvalho (2016) pode ser útil nesta tarefa. A adaptação a solos de baixa fertilidade é outra característica de especial interesse em face de predominância deste tipo de solo no território brasileiro. Presentemente, entretanto, a escolha de espécies e de cultivares que apresentem pelo menos alguns desses atributos depara-se com escassez de alternativas. Essa situação poderá ser alterada à medida que são disponibilizadas novas cultivares de gramas, resultantes, por exemplo, de esforços desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A influência do clima sobre a composição, a densidade da cobertura vegetal e também sobre a fauna local é inevitável, mas os efeitos de algumas das suas adversidades podem ser atenuados; por exemplo, as consequências de excesso ou de escassez de chuvas podem ser mitigadas por técnicas de drenagem ou de irrigação, enquanto que os efeitos de ventos excessivos e de temperaturas altas podem ser diminuídos pelo plantio de espécies tolerantes a esses extremos.

Várias espécies herbáceas perenes da família *Poaceae* (syn. *Gramineae*), conhecidas como "gramas", apresentam pelo menos algumas características do ideótipo mencionado, mas há marcantes diferenças entre elas quanto à adaptação edafoclimática, como porte, potencial de produção de sementes, período reprodutivo, etc. Muitas contam a seu favor a facilidade de manejo, pois baixa altura de desenvolvimento vertical ("porte baixo") é uma característica comum entre elas e por essas razões têm sido preferidas para esse tipo de cultivo. Essas não são as únicas espécies com potencial para plantio nessas áreas (LINNEL, CONOVER, OHASHI, 2009), mas o cultivo de espécies agrícolas como a soja, o milho, o trigo, dentre outras, é desencorajado pelo *Transportation Research Board* da Academia Nacional de Ciência, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos da América (Belant & Ayers, 2014), face o potencial de atração de fauna apresentado por algumas dessas culturas em determinados locais. Essa "agricultura em aeroportos" permanece controverso naquele país (DeVault et al., 2013) e está ainda a ser avaliada sob perspectivas brasileiras.

3.1.2 O solo

Já na fase de concepção, programas de estabelecimento e de manejo de vegetação em faixas de pista requerem as caracterizações do solo local quanto às suas propriedades físicas e químicas, da flora (espécies, frequência de ocorrência, fenologia, distribuição espacial e densidade) e da fauna (espécies, hábitos, comportamentos, distribuição espacial, frequência e densidade de ocorrências locais e sazonais) [SODHI, 2002; MENDONÇA, 2009]. Este conhecimento é necessário à composição de uma abordagem agrônômica potencialmente capaz de contribuir à otimização das funções ambientais da cobertura e à redução dos riscos de fauna nesses ambientes.

A contribuição fundamental do solo à cadeia alimentar da fauna deve ser reconhecida desde a etapa de implantação da cobertura vegetal. O recobrimento de áreas de solo desnudo nas faixas de pista (Figura 2), é iniciado pelo seu preparo mecânico (subsolagem, aração, gradagens) após o que se faz o plantio de espécies com atributos desejáveis, descritos acima. Nessa ocasião, a correção do nível de fertilidade do solo com base em resultados de análises física e química contribui ao ajuste da produtividade primária da vegetação (massa vegetal) para que cumpra funções específicas no contexto da aviação. Tais ajustes são necessários para que sejam contempladas as variações de tipos de solo nas faixas de pista que invariavelmente ocorrem dentro de um mesmo aeroporto; por esta razão, a disponibilidade de um mapa pedológico detalhado do local é indispensável.

Essas interferências têm grandes efeitos sobre a fauna edáfica e também sobre outros tipos de fauna. Há amplas evidências experimentais de que características do solo, em especial no que tange ao grau de compactação, ao nível de fertilidade e aos teores de matéria orgânica e de água, estão relacionadas à população de invertebrados que nele vivem (STORK & EGGLETON, 1992; DORAN & ZEIN, 2000; dentre outros). Solos férteis e ricos em matéria orgânica abrigam maior abundância de invertebrados que aqueles mais pobres e, em consequência, suprem maior população de aves; assim, reduzir a fertilidade do solo é uma forma de desestimular a presença desses animais nessas áreas (JOHNSTON, BRAHAM, BRAUN, 2014).

BRAUN, 2014).

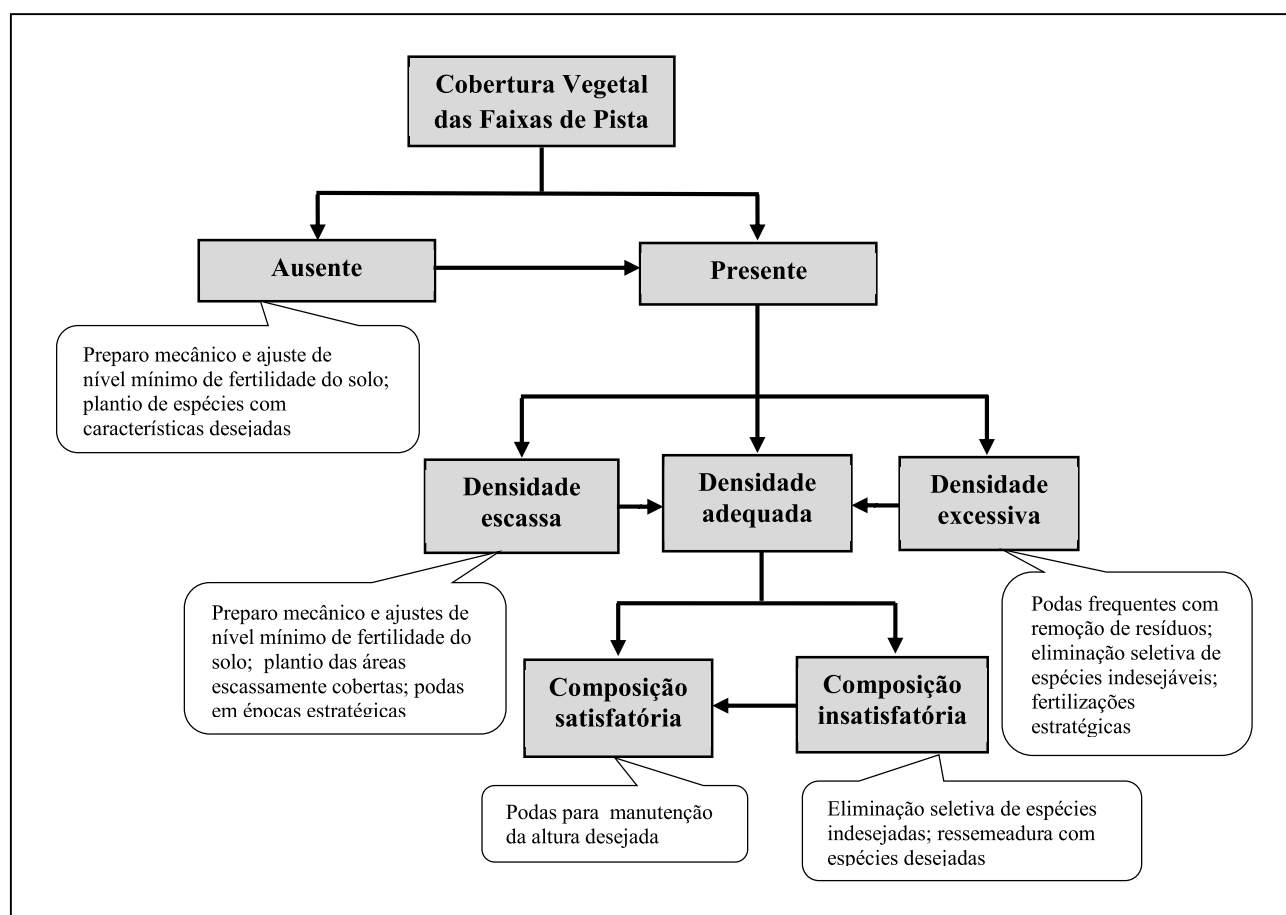


Figura 2: Principais características da cobertura vegetal permanente de faixas de pista em aeródromos e potenciais alternativas agrônomicas para seu manejo. Detalhes podem ser encontrados no texto.

Este fato constitui a base do sistema de manejo denominado "política da grama pobre" (*"poor grass policy"*) proposto por Dekker (2000) para aeródromos da Holanda, que resultou em reduções do nível de fertilidade e da fauna aviária local. No Brasil, entretanto, em face de predominância de solos de fertilidade muito baixa, a implantação e a manutenção de cobertura vegetal satisfatória requerem algum fertilizante. O desafio nesse caso é buscar um nível de fertilidade que permita desenvolvimento amplo e persistente da cobertura, porém ao mesmo tempo pouco exuberante. Isso pode ser proporcionado pela escolha criteriosa de tipos de fertilizantes, bem como das suas aplicações em quantidades, formas e épocas estratégicas. Manipulações dos níveis de determinados íons do solo, por meio de fertilizações especialmente planejadas podem ter efeito tanto redutores, quanto promotores de crescimento das plantas, podendo assim interferir sobre a densidade, a composição, a longevidade e os requisitos de manutenção da cobertura vegetal. Esse planejamento requer considerações, por exemplo, de características químicas (*e.g.*, acidez ativa, saturação por alumínio, soma de bases, capacidade de troca de catiônica, etc.) e físicas do solo (*e.g.*, teores de areia, de silte e de argila, densidade, etc.) específicas para cada local.

3.1.3 Manejo da cobertura vegetal

Uma vez obtida uma cobertura homogênea e satisfatória, o próximo desafio é compor um programa de manejo que permita preservá-la e que, ao mesmo tempo, a impeça de atrair fauna associada a acidentes aeronáuticos. O grau de satisfação dependerá da densidade da massa vegetal, da abrangência da cobertura da superfície e da altura do seu crescimento e da sua atratividade à fauna.

Aumento da densidade do relvado pode resultar em diminuição da população de aves em determinados locais (Davis, 2005). Entretanto, densidades muito altas promovem aumento do teor de matéria orgânica do solo, fato que tem como consequência o aumento de determinados componentes da fauna edáfica (exemplos: anelídeos e moluscos) e daquela que desta se alimenta. Essa situação resulta da associação entre níveis elevados de fertilidade do solo, tipos de vegetação, condições climáticas e práticas locais de manejo. O problema pode ser atenuado pelo aumento da frequência e da intensidade das podas, seguida de remoção dos seus resíduos; estas práticas levam à gradual redução do nível de fertilidade e da produção de massa vegetal. Alternativamente pode ser feita a eliminação seletiva de plantas de espécies que apresentam crescimento vigoroso, como as gramíneas exóticas. Isso pode ser feito via aplicação localizada de herbicidas não seletivos, seja por métodos mecanizados ou manuais, quando autorizada pelas agências ambientais.

Por outro lado, coberturas pouco densas também são insatisfatórias, pois facilitam erosões, podem agravar o problema de poeira na pista e estimular a presença de determinados integrantes da fauna, como alguns tipos de aves. Essa situação resulta, por exemplo, de nível baixo de fertilidade ou de alguma característica física limitante do solo, como pouca profundidade ou alta compactação. A correção desse nível contribui à solução do problema, especialmente se associada a ajustes nas operações de poda, tais como redução da sua frequência e elevação da altura de corte. Há pouco a ser feito quando a baixa densidade é resultante de pouca profundidade do solo, mas compactação excessiva pode ser diminuída por meio de subsolagem. Equipamentos apropriados permitem fertilizações superficiais e subsolagens sem danos significativos à cobertura preexistente. O plantio de espécies com características desejadas, por exemplo, por meio de sobressemeadura, também pode resultar em aumento da densidade da vegetação nessas áreas.

Promover a predominância de poucas espécies botânicas na cobertura vegetal é também interessante, tanto do ponto de vista gerencial quanto estratégico e econômico. A redução do número de tais espécies simplifica o planejamento e a operacionalização do manejo (Barras & Seamans, 2002; Linnell, Conover & Ohashi, 2009; dentre vários outros), facilita a sincronização das podas com o estágio de desenvolvimento das plantas e pode diminuir a população local de artrópodes (MORRIS, 2000). Por isso, representa outra chance de controle da presença de fauna, pois podas realizadas em determinados estádios fenológicos inibem o florescimento em várias espécies de planta ou eliminam inflorescências, reduzindo a disponibilidade de flores e de sementes que alimentam insetos, aves e roedores. O aproveitamento deste benefício é pouco provável onde há grande número de espécies vegetais, distintas entre si quanto à fenologia, pois quanto maior o número de espécies, maior a probabilidade de alguma alcançar a fase reprodutiva em época diferente à da poda. A redução do número de espécies pode ser feita pela eliminação seletiva das plantas indesejáveis, integrantes de coberturas vegetais existentes, de forma manual (capinas, roçadas) ou química. Desde que permitido pelas agências ambientais, podem ser utilizados herbicidas seletivos ou não seletivos; neste último caso, há que se fazer uso de aplicação localizada. A escolha do método dependerá dos recursos locais e dos tipos de plantas a serem eliminadas.

Onde quer que a densidade da cobertura vegetal seja considerada satisfatória pelos padrões locais, o manejo poderá restringir-se a mantê-la dentro de limite desejável de altura, a menos que sua composição inclua espécies indesejadas, que deverão ser eliminadas de forma seletiva. Afinal, independentemente da densidade, o risco de fauna é maior onde ocorrem plantas que produzem grandes quantidades de flores e de sementes ou que oferecem qualquer outro tipo de atrativo à fauna local.

Assim, um enfoque agrônômico voltado ao manejo de solo e de plantas nas faixas de pista contribui ao desenvolvimento de uma comunidade vegetal homogênea, estável e longeva, ao mesmo tempo capaz de proporcionar redução de frequência de podas e da presença e permanência de fauna indesejável. No futuro, a disponibilidade de cultivares de plantas que venham a ser especialmente desenvolvidas para esse tipo de uso poderá contribuir a esta situação, simplificando o manejo; afinal, baixa altura de crescimento vertical e escassa ou nula produção de sementes provavelmente serão duas das características principais dessas cultivares.

3.1.4 Manutenção da cobertura – podas

Dentre as técnicas de manejo de cobertura vegetal em aeroportos, a poda mecanizada tem sido a mais utilizada. Seus propósitos principais são a manutenção das plantas dentro de limites de crescimento considerados suficientes para preservá-las, de manter desobstruído o campo de visão, de reduzir o potencial de incêndios e de manter qualidade ornamental. Ademais, podas desestimulam a presença de certos tipos de fauna (WASHBURN & SEAMANS, 2013). Muitas vezes a poda é seguida pela coleta e remoção dos resíduos vegetais resultantes para prevenir sua dispersão pelo vento e reduzir riscos de segurança das aeronaves. Efeitos idênticos aos proporcionados por podas podem também resultar da aplicação de redutores químicos de crescimento (Washburn & Seamans, 2004), mas sua utilização é limitada por questões de restrições impostas por agências ambientais, pela baixa eficiência de controle onde há grande variabilidade de espécies, pelo curto período residual de vários produtos e pelos custos das aplicações.

Entretanto, em que pese sua popularidade, a operacionalização das podas é causa frequente de problemas gerenciais em aeroportos. São exemplos: 1) na ocasião da execução da poda ocorre súbita disponibilização de oportunidades de alimentação para várias espécies de aves, atraindo-as e aumentando riscos de colisões com aeronaves; 2) custos elevados de manutenção resultantes dos requisitos de equipamentos, operadores e combustíveis necessários à realização da poda, da coleta e do descarte dos resíduos vegetais dela resultantes; 3) riscos de desnudamento da superfície do solo em resposta à morte de plantas causada por podas frequentes, ou a baixas alturas de corte ou executadas com base em datas predeterminadas sem considerações ao estágio de desenvolvimento das plantas; 4) problemas de descarte econômico e seguro dos resíduos vegetais resultantes da poda; e 5) restrições à execução da poda a determinadas ocasiões, períodos e áreas por questões de segurança operacional de aeronaves. Essas são razões pelas quais, invariavelmente, as gerências de aeroportos preferem reduzir o número de podas ao mínimo possível (BELANT & AYERS, 2014).

Alguns desses problemas podem ser atenuados por ajustes operacionais tais como distribuição temporal e espacial das áreas podadas, redução de tamanho dessas áreas (Souza et al., 2016), reduções em etapas da altura da vegetação (Walmsley, 2010) e realização de podas noturnas; estas práticas diminuem o período de atração e de permanência de aves nessas áreas. Alternativas

agronômicas como plantio, introdução ou promoção do crescimento de espécies de plantas de baixo potencial de crescimento também diminuem o problema ao reduzirem a demanda por podas. Programar as podas com base em fases de desenvolvimento fenológico da vegetação predominante ou daquela que representa fonte de alimentação à fauna é também uma forma de controle dissuasivo de fauna.

A altura ideal de poda da cobertura nas faixas de pista tem sido tema controverso entre especialistas, tanto que as recomendações variam entre técnicos, agências e instituições (BELANT & AYERS, 2014). No Brasil, a Resolução Brasileira de Aviação Civil nº 153 determina altura igual ou inferior a 15 cm (ANAC, 2018), enquanto que a altura recomendada pela Organização Internacional de Aviação Civil é igual ou inferior a 20 cm (ICAO, 2012). Várias opiniões favorecem a manutenção da cobertura entre 15 - 30 cm, em concordância com a "política da grama alta" ("*long grass policy*") desenvolvida na Inglaterra nos anos 70 (BROUGH & BRIDGEMAN, 1980). Entretanto, de acordo com DeVault et al. (2013), a popularização dessa política resultou da ausência de informações bem fundamentadas sobre as alternativas. Barras & Seamans (2002) afirmam que, apesar da denominação ("grama alta"), essa faixa de altura (15 - 30 cm) inclui não mais que valores intermediários entre 5 e 45 cm, arbitrariamente estabelecidos.

Apesar de várias evidências experimentais favorecerem a "grama alta" (Patrick & Shaw, 2012; Kennedy & Otter, 2015; Abreu et al., 2017; dentre outros), não há consenso estabelecido sobre seus méritos (BARRAS & SEAMANS, 2002; SEAMANS et al., 2007). Em aeroportos norte-americanos sua adoção nem sempre resultou em diminuição da presença de aves (Seamans et al., 1999; Seamans et al., 2007). Dekker (2000) destaca o grande número de podas necessário para manter a cobertura dentro dos limites preconizados por esse sistema. Washburn & Seamans (2013) afirmam que a grama alta estimula respostas específicas de determinados integrantes da fauna, interferindo, por exemplo, com a movimentação, a visibilidade e a alimentação de várias espécies de aves, mas favorecendo o aumento da população de insetos e de pequenos mamíferos que atraem variada gama de predadores. Por sua vez, Pennell & Rolston (2010) lembram que a arquitetura e a densidade da vegetação local podem não permitir que os relvados permaneçam eretos se as podas forem feitas acima de certa altura. Essas são razões pelas quais vários autores afirmam que a altura ideal deve variar em função das características locais de clima, de flora e, principalmente, de fauna (SEAMANS et al., 1999; DEKKER, 2000; BARRAS & SEAMANS, 2002; SEAMANS et al., 2007; BELANT & AYERS, 2014; dentre outros).

Todavia não deve ser subestimada a influência de outros fatores sobre a presença de aves nesses locais, além da altura das plantas. Alinhado a este fato, Dekker (2000) propôs a substituição do termo "política de grama alta" por "política de cobertura do solo de baixa densidade aviária" ("*low bird density ground cover policy*") por considerar exagerada a ênfase dada à altura da cobertura vegetal; o autor preconiza a redução da produção de biomassa nas faixas de pista, ocupadas não exclusivamente por gramas, como meio de reduzir a fauna aviária.

3.1.5 Dissuasão alimentar da fauna-problema

O controle da fauna entomológica na cobertura vegetal das faixas de pista permite significativo grau de manipulação da presença de aves nesses locais. Isso pode ser feito, por exemplo, via alteração da composição botânica da cobertura. Um bom exemplo é oferecido pelo "capim-braquiária". Em certas regiões plantas desse capim são severamente atacadas por espécies de insetos (*Deois* spp., *Mahanarva* sp., *Notozulia* sp.) conhecidas popularmente como "cigarrinha-das-pastagens", cujas ninfas e adultos são consumidos por aves (VALÉRIO et al., 1996). Logo, a eliminação seletiva dessas plantas contribui indiretamente à redução da população de determinados componentes da avifauna em ambientes aeroportuários.

A poda tem efeitos marcantes sobre a fauna, por razões diversas e de efeitos simultâneos. Dentre eles está a súbita destruição do habitat dos artrópodes e sua exposição à predação. Podas repetidas alteram a composição botânica da cobertura ao eliminarem certas espécies de plantas e ao diminuírem a população de insetos associadas a estas. Isso reduz o número de determinadas espécies de artrópodes, mas ao mesmo tempo pode favorecer o aumento das populações de indivíduos das espécies desse grupo remanescente no local (FERREIRA, ROCHA & ABREU, 2015). Ademais, o efeito das podas sobre a redução da presença de pequenos mamíferos nesses locais é fato bem documentado (BARRAS & SEAMANS, 2002; SEMANS et al., 2007).

O uso de produtos inseticidas para o controle da fauna entomológica também é possível, porém tem sido limitado por custos, por impactos potenciais ao meio ambiente e por restrições impostas por agências ambientais. Não há restrições ao uso de extratos de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), uma planta com propriedades inseticidas (Ferreira, Rocha & Abreu, 2015), mas persistem as questões dos custos de suas aplicações e do seu poder residual. Outra alternativa isenta de restrições é a introdução de inimigos naturais de insetos, como parasitoides, predadores (ácaros, por exemplo) e entomopatógenos (vírus, bactérias, fungos, nematoides) [Parra et al., 2002; Alves & Lopes, 2008; Ferreira, Rocha & Abreu, 2015] dos quais um número crescente têm sido disponibilizados para uso comercial no Brasil. A escolha depende do tipo de inseto a ser controlado, além de custos dos produtos de interesse e de suas aplicações.

Em anos recentes uma forma inovadora de dissuasão alimentar tem sido utilizada por alguns aeroportos localizados em regiões de clima temperado para o controle de fauna em faixas de pista. Trata-se do plantio de cultivares de gramíneas perenes, obtidas a partir da associação mutualística, estável e assintomática, resultante da infecção artificial de duas cultivares preexistentes (*Festuca arundinacea* Schreb. cv. Jackal[®] e *Lolium perenne* L. cv. Colosseum[®]) com cepas especialmente

selecionadas de fungos endófitos do gênero *Epichloë* (syn. *Neotyphodium*) sp. As plantas e as sementes das cultivares infectadas, denominadas Avanex® *jackal tall fescue* e Avanex® *colosseum perennial ryegrass*, acumulam determinados alcaloides que as tornam pouco atrativas como alimento para aves, para lagomorfos, para roedores e para invertebrados, os quais, por sua vez, são alimentos para várias espécies de aves (PENNELL & ROLSTON, 2013; FINCH et al., 2016; PENNELL et al., 2016; 2018). Entretanto, seus efeitos são, às vezes, inconsistentes (Miller et al., 2017) e requerem substituição total da vegetação existente na área por plantas dessas cultivares (Walmsley, 2010), ação que implica em custos consideráveis.

Até o momento não há registros de seu uso no Brasil, onde a maioria dos aeroportos situa-se em região de clima tropical. A obtenção de cultivares com idênticas propriedades, adaptados a essas regiões, deve ser de interesse não apenas para este além de outros países tropicais. A marcante especificidade entre a planta e fungo endófito, que caracteriza esse tipo de associação mutualística (Johnson et al., 2013), permite prever que a sua obtenção demandará considerável coordenação de esforço multidisciplinar, ainda a ser iniciado no Brasil.

4 CONCLUSÕES

O gerenciamento do risco de fauna em aeroportos é um problema complexo, no qual a cobertura vegetal das faixas de pista desempenha papel preponderante, face seus efeitos diretos e indiretos sobre a fauna local. A implantação e manutenção exitosas dessa cobertura dependem de um conjunto específico de práticas agrônomicas, caracterizando-o como um tipo especializado de agricultura do qual se deseja uma função (contribuir à segurança aeronáutica) e não um produto primário, mensurável em unidades ou quilogramas por exemplo. O resultado satisfatório nesse caso resulta da obtenção de uma cobertura plena, permanente, homogênea, com baixo requisito de manutenção e que, ao mesmo tempo, não estimula a presença de fauna no local.

A probabilidade de êxito dessa agricultura é maior quando é dada especial atenção ao solo desde a implantação da cobertura, uma vez que suas características têm múltiplas relações com a fauna aeroportuária. A partir da implantação, o êxito passa a depender da composição de programa formado por um conjunto de técnicas de manejo, criteriosamente selecionadas para possibilitar inclusão, incorporação ou promoção do crescimento de espécies com características desejáveis e localmente adaptadas. A manutenção de número reduzido de espécies botânicas, componentes da cobertura vegetal, também tem efeitos significativos e desejáveis tanto sobre seu manejo, quanto sobre a população da fauna local. No futuro, a disponibilização no Brasil de cultivares de plantas especialmente desenvolvidas para este tipo de uso deverão possibilitar aumentos da eficiência e da eficácia do gerenciamento de riscos de fauna nos ambientes aeroportuários.

Essa "agricultura de aeroportos", talvez diferentemente de "agricultura em aeroportos", pode dar significativa contribuição à redução do risco de fauna, à diminuição de custos de manutenção e à redução da necessidade de implantação de técnicas e de métodos ativos de dissuasão de fauna nesses ambientes. Entretanto, face a complexidade do problema, deve ser vista como uma integrante fundamental, porém não suficiente, do gerenciamento de risco de fauna em aeroportos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, T.L.S.; GROSSMANN, N.V.; CARVALHO, M.M.; VELHO, D.M.A.; CAMPOS, V.C.; LOPES, C.M. Evaluation of different grass height management patterns for bird control in a tropical airport. **Revista Conexão SIPAER**, v.8, n.1, p.68-79, 2017.
 URL: conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/363
- ALVES, S.B.; LOPES, R.B. **Controle microbiano de pragas na América Latina - avanços e desafios**. FEALQ: Piracicaba. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiróz, v.14. 414p. 2008. ISBN: 978-85-7133-056-6
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL [ANAC]. **AERÓDROMOS - OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESPOSTA À EMERGÊNCIA**. Resolução Brasileira da Aviação Civil, 53 (RBAC nº 153), Emenda nº 2, 2018. 96p.
- BARRAS, S.C.; SEAMANS, T.W. **VEGETATION MANAGEMENT APPROACHES FOR REDUCING WILDLIFE-AIRCRAFT COLLISIONS**. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. 159. 10p. 2002.
 <http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/159>
- BELANT, J.L.; AYERS, C.R. **Habitat management to deter wildlife at airport**. National Research Council (U.S.); Transportation Research Board; Airport Cooperative Research Program; United States Federal Aviation Administration. Washington: Transportation Research Board, 2014. 52 p. (ACRP Synthesis, 52).
 ISBN: 9780309271325 0309271320
- BROUGH, T.; BRIDGEMAN, C.J. An evaluation of long grass as bird deterrent on British airfields. **Journal of Applied Ecology**, v.17, p.243-253, 1980.
 <<https://www.jstor.org/stable/2402322>>
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS [CENIPA]. **Anuário de Risco de fauna**, 2015. Brasília. 2016.
 <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/risco-fafauna?download=129:perigo-aviario-e-fauna>>. Acesso em 01/12/2018.

- DAVIS, S.K. Nest-site selection patterns and the influence of vegetation on nest survival of mixed-grass prairie passerines. **Condor**, v.107, p.605-616, 2005.
<<https://doi.org/10.1650/0010-5422%282005%29107%5b0605:NSPATI%5d2.0.CO;2>>
- DEKKER, A. Poor long grass. In: **Proceedings of the 25th Meeting of the International Bird Strike Committee**, 2000, Amsterdam, Netherlands, p.227-236, 2000.
<<https://www.int-birdstrike.org/Amsterdam.../IBSC25%20WPA2.pdf>>
- DeVAULT, T.L.; BELANT, J.L.; BLACKWELL, B.F.; SEAMANS, T.W. Interspecific variation in wildlife hazards to aircraft: implications for airport wildlife management. **Wildlife Society Bulletin**, v.35, p.394-402, 2011.
<<https://doi.org/10.1002/wsb.75>>
- DeVAULT, T.L.; BEGIER, M.J.; BELANT, J.L.; BLACKWELL, B.F.; DOLBEER, R.A.; MARTIN, J.A.; SEAMANS, T.W.; WASHBURN, B.E. Rethinking airport land-cover paradigms: agriculture, grass, and wildlife hazards. **Human-Wildlife Interactions**, v.7, n.1, p.10-15, 2013.
<https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/1464>
- DOLBEER, R.A. **Height distribution of birds recorded by collisions with civil aircraft**. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. 500. 2006. <http://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/500>
- DORAN, J.W.; ZEIN, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.3-11, 2000.
<[https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)>
- FERREIRA, J.B.C.; ROCHA, D.A.; ABREU, T.L.S. A diversidade de artrópodes terrestres em dez aeródromos brasileiros e suas implicações no gerenciamento do risco de fauna. **Revista Conexão SIPAER**, v.6, n.1, p.564-572, 2015.
URL: conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/viewFile/289/313
- FINCH, S.C.; PENNELL, C.G.L.; KERBY, J.W.F.; CAVE, V.M. Mice find endophyte-infected seed of tall fescue unpalatable - implications for the aviation industry. **Grass and Forage Science**, v.71, n.4, p.659-666, 2016.
<<https://doi:10.1111/gfs.12203>>
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION [ICAO]. Bird control and reduction. **Airport Services Manual Wildlife Control And Reduction**, 4th Edition (Doc 9137 Part 3) Airport Services Manual. Document 9137 - AN/898, Part 3. Montreal, Quebec, Canada. 56p. 2012.
ISBN 978-92-9231-929-8
- JOHNSTON, T.K.; BRANHAM, B.; BRAWN, J. Soil quality manipulation to reduce bird presence at airports. **Human-Wildlife Interactions**, v.8, n.2, p.261-270, 2014.
<<https://digitalcommons.usu.edu/hwi/vol8/iss2/12>>
- JOHNSON, L.J.; BONTH, A.C.M. de; BRIGGS, L.R.; CARADUS, J.R.; FINCH, S.C.; FLEETWOOD, D.J.; FLETCHER, L.R.; HUME, D.E.; JOHNSON, R.D.; POPAY, A.J.; TAPPER, B.A.; SIMPSON, W.R.; VOISEY, C.R.; CARD, S.D. The exploitation of epichloae endophytes for agricultural benefit. **Fungal Diversity**, v.60, p.171-188, 2013. DOI 10.1007/s13225-013-0239-4
- KENNEDY, L.A.; OTTER, K.A. Grass management regimes affect grasshopper availability and subsequently american crow activity at airports. **Human-Wildlife Interactions**, v.9, n.1, p.58-66, 2015.
<<https://digitalcommons.usu.edu/hwi/vol9/iss1/6/>>
- LINNEL, M.A.; CONOVER, M.R.; OHASHI, T.J. Using wedelia as ground cover on tropical airports to reduce bird activity. **Human-Wildlife Contacts**, v.3, n.2, p.226-236, 2009.
<<https://digitalcommons.unl.edu/hwi/19/>>
- MENDONÇA, F.A.C. Gerenciamento do perigo aviário em aeroportos. **Revista Conexão SIPAER**, v.1, n.1, p.153-174, 2009.
URL: conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/download/16/30
- MILLER, D.M.; REDMOND, C.T.; FLYTHE, M.D.; POTTER, D.A. Evaluation of "Jackal" AR601 (Avanex™) and Kentucky-31 endophytic tall fescues for suppressing types of invertebrates that contribute to bird strike hazard at airports. **Crop, Forage & Turfgrass Management**, v.3, p2017-03-0023. 2017.
<<https://doi:10.2134/cftm2017.03.0023>>
- MORRIS, M.G. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. **Biological Conservation**, v.95, p.129-142, 2000.
<[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00028-8)>
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (eds.), 2002. **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Editora Manole, São Paulo. 635p.
ISBN 8520415547, 9788520415542

- PATRICK, K.; SHAW, P. Bird strike hazard management programs at airports - what works? In: Leite, N.P.O. (ed.), **Simpósio de Segurança de Voo**, 5. São José dos Campos: IPEV, Anais... v.4, p.1107-1112, 2012.
<<http://www.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2012/anais-2012.html>>
- PENNELL, C.G.L.; ROLSTON, M.P. The potential of specialty endophyte-infected grasses for the aviation industry. **29th Meeting of the International Bird Strike Committee**, Cairns (Australia). Proceedings... 2010. 10p.
<<http://www.intbirdstrike.org/referenceInformation.cfm>>
- PENNELL, C.G.L.; ROLSTON, M.P. Avanex™ unique endophyte technology – bird deterrent endophytic grass for amenity turf and airports. In: Michalk, D.L., Milla, G.D., Badgery, W.B., Broadfoot, K.M. (eds.) **Proceedings of the 22nd International Grassland Congress**. New South Wales, Department of Primary Industry, Sydney/ Orange, p.453–455. 2013. ISBN: 978-1-74256-543-9
- [PENNELL, C.G.L.](#); [POPAY, A.J.](#); [ROLSTON, M.P.](#); [TOWNSEND, R.J.](#); [LLOYD-WEST, C.M.](#); [CARD, S.D.](#) Avanex™ unique endophyte technology: reduced insect food source at airports. **Environmental Entomology**, v.45, v.1, p.101-108, 2016.
- PENNELL, C.G.L.; ROLSTON, M.P.; van KOTEN, C.; MACE, W.; HUME, D.; CARD, S. **The effect of grass endophytes on earthworms and slugs under a turf mowing regime**. New Zealand Plant Protection, 71. 2018.
<<https://doi.org/https://doi.org/10.30843/nzpp.2018.71.148>>
- PIVELLO, V.R. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. 2011. **ECOLOGIA.INFO 33**.
<<http://www.ecologia.info/cerrado.htm>>. Acessado em 04/julho/2018.
- SEAMANS, T.W.; DOLBEER, R.A.; CARRARA, M.S.; CHIPMAN, R.B. Does tall grass reduce bird numbers on airports?: results of pen test with Canada geese and field trial at two airports, 1998. In: **Bird Strike Committee USA/Canada. Proceedings of the First Joint Annual Meeting**; p.161-167, Vancouver, 1999.
- SEAMANS, T.W.; BARRAS, S.C.; BERNHARDT, G.E.; BLACKWELL, B.F.; CEPEK, J.D. Comparison of 2 vegetation-height management practices for wildlife control at airports. **Human-Wildlife Conflicts**, v.1, p.97-105, 2007.
<<https://digitalcommons.usu.edu/hwi/vol1/iss1/21>>
- SODHI, N.S. Competition in the air: birds versus aircraft. **The Auk**, v.119, n.3, p.587-595. 2002.
<[https://DOI: 10.1642/0004-8038\(2002\)119\[0587:CITABV\]2.0.CO;2](https://DOI: 10.1642/0004-8038(2002)119[0587:CITABV]2.0.CO;2)>
- SOUZA, A.H.N.; GOMES, H.B.; CARVALHO, C.E.A. Corte de grama e monitoramento de fauna para aeroportos brasileiros: uma proposta metodológica. **Revista Conexão SIPAER**, v.7, n.1, p.96-102. 2016.
<<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/389>>
- STIER, J.C.; STEINKE, K.; ERVIN, E.H.; HIGGINSON, F.R.; McMAUGH, P.E. Turfgrass benefits and issues. In: Stier, J.C.; Horgan, B.P.; Bonos, S.A. (eds.). **Turfgrass: biology, use, and management**. Agronomy Monograph, 56. Madison: ASA, CSSA, SSSA. p.105-104. 2013. ISSN 2156-3276 (online)
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.7, n.1, p.38-47, 1992. <<https://doi.org/10.1017/S0889189300004446>>
- VALÉRIO, J.R.; LAPOINTE, S.L.; KELEMU, S.; FERNANDES, C.D.; MORALES, F.J. Pests and diseases of *Brachiaria* species. In: Miles, J.W.; Maass, B.L.; Valle, C.B. (eds.) **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Ciat Publication, 259. CIAT, Cali Colombia. Chapter 6. p.87-105. 1996. ISBN: 9589439578
- WALMSLEY, B. Best practice guidelines for novel endophytic grass establishment at airports. **29th Meeting of the International Bird Strike Committee**, Cairns (Australia). Proceedings... 2010. 5p.
<<http://www.intbirdstrike.org/referenceInformation.cfm>>
- WASHBURN, B.E.; SEAMANS, T.W. **MANAGEMENT OF VEGETATION TO REDUCE WILDLIFE HAZARDS AT AIRPORTS**. USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications. 396p. 2004
<https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/396>
- WASHBURN, B.E.; SEAMANS, T.W. Managing turfgrass to reduce wildlife hazards at airports. In: DeVault, T.L.; Blackwell, B.F.; Belant, J.L. (eds.), **Wildlife in Airport Environments: Preventing Animal-Aircraft Collisions through Science Based Management**. Baltimore: Johns Hopkins University Press. Chapter 10, p.105-114, 2013.
<<https://doi.org/10.1002/jwmg.735>>

....

Avaliação econômica do Programa de Manutenção de Aeronaves Comerciais por meio de escalonamento dos intervalos de inspeções

Jonas Vieira Andrade Junior¹, José Helvécio Martins², Wanyr Romero Ferreira³, Alan Kardek Rêgo Segundo⁴

1 Engenheiro Mecânico; Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas (IETEC)

2 Engenheiro Agrícola; Pós-Doutorado em Instrumentação e Controle de Processos - Universidade de Aveiro - Portugal (2000)

3 Doutora em Energia pela Université Paul Sabatier (Toulouse III – França - 1992)

4 Engenheiro de Controle e Automação; Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2014)

RESUMO: O custo do ciclo de vida é o somatório de todos os custos recorrentes e não recorrentes aplicáveis a um produto, bem, serviço, estrutura ou sistema, durante toda a sua vida útil ou por um período definido de tempo. Os custos de operação das aeronaves comerciais envolvem os custos diretos e indiretos. Os custos diretos são os relacionados com tripulação, combustível, óleo, depreciação, locação (*leasing*), seguro e manutenção. Os custos indiretos são compostos de taxas de operação, serviços de cabine, emissão de passagens e administração. Os custos de manutenção, que representam cerca de 12,8% do custo do ciclo de vida de uma aeronave, estão diretamente relacionados aos atrasos e aos cancelamentos de operação das aeronaves, à otimização do programa de manutenção e modificações das aeronaves, por meio dos boletins de serviço. A maioria das decisões para as modificações e a otimização do programa de manutenção são tomadas pelo operador corrobora para cumprir os requisitos de aeronavegabilidade ou operacionais. Esse cenário pode ser melhorado se a quantificação do investimento e a economia obtida com as modificações realizadas nas aeronaves forem replanejadas, junto com a otimização do programa de manutenção. Nesse contexto, uma metodologia foi adaptada para as características operacionais brasileiras, com base na estatística, para otimizar as tarefas do programa de manutenção e analisar os custos de manutenção de aeronaves por meio do escalonamento das tarefas. Os resultados obtidos permitem concluir que existe um potencial significativo para aumento da oportunidade de receita, com a otimização do programa de manutenção das aeronaves por meio de escalonamento das inspeções.

Palavras Chave: Manutenção de aeronaves. Confiabilidade. Programa de Manutenção. Boletins de serviço. Custo em aviação.

Economical analysis of commercial Aircraft Maintenance Program by escalating inspection intervals

ABSTRACT: The cost of the life cycle is the sum of all recurring and non-recurring costs applicable to a product, service, structure or system, throughout your lifetime or for a defined period. The cost of the life cycle takes into account the costs of acquisition, installation, operation, maintenance, update and the residual value of the product, service, structure or system, at the time of transfer of the product to a third party or at the end of your life. The operating cost of commercial aircraft involve direct and indirect costs for operation. Direct costs are those related to the crew, fuel, oil, depreciation, leasing, insurance and maintenance. The indirect costs are composed of operation fees, cabin services, issuing tickets and administration. Maintenance costs make up about 12.8% of the cost of the life cycle of an aircraft. These costs directly relate to the delays and cancellations of aircraft operation, the maintenance program optimization and modification of aircraft, by the service bulletins. Most decisions taken to the modifications and maintenance program optimization is only to comply with airworthiness or operational requirements. The improvement of this scenario is possible by the quantification of investment and savings with the modifications carried out on aircraft, along with the maintenance program optimization. In this context, a methodology was adapted to Brazilian operations based on statistics in order to optimize the maintenance tasks and analyze the costs of maintenance of aircrafts through the scheduling of these tasks. The results allow concluding that there is a significant potential for increasing of revenue opportunity, with the maintenance program optimization of aircrafts by rescheduling the inspections intervals.

Key words: Aircraft maintenance. Reliability. Maintenance program. Service bulletins. Cost in aviation.

Citação: Junior, JVA. (2018) Avaliação econômica do Programa de Manutenção de Aeronaves Comerciais por meio de escalonamento dos intervalos de inspeções. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 31-45.

1 INTRODUÇÃO

O Ciclo de Vida de um Produto (CVP) significa que todo produto irá passar por etapas definidas desde a sua produção (ou criação) até sua descontinuação. Essas etapas foram inspiradas no ciclo de vida biológico e compreendem quatro fases: (i) introdução, (ii) lançamento, (iii) maturidade e (iv) declínio (GORDON, 2011). Além disso, elas não têm duração determinada, variando de acordo com o produto.

A avaliação do ciclo de vida tem sido aplicada nos mais diversos produtos, como construção de túneis, pontes e pavimentação (BABASHAMSI et al., 2016). A utilização da análise do ciclo de vida na construção civil contribui para integração do projeto e ajuda a identificar oportunidades de eficiência de energia, como zona apropriada, luz natural e otimização do projeto de aquecimento, ventilação e condicionamento de ar (TODOR; HORNET; IORDAN, 2016). No caso de manutenção de aeronaves, ainda há poucos trabalhos técnicos-científicos na literatura especializada. Nesse contexto, vislumbra-se a necessidade

de um estudo sobre esse assunto, visando obter soluções otimizadas, com aumento de retorno econômico, sem comprometer os requisitos de segurança das aeronaves.

Diante do cenário apresentado, este trabalho visa realizar uma análise técnica e econômica para avaliação de custo do ciclo de vida de aeronaves comerciais, com o objetivo de avaliar os processos disponíveis para redução do custo direto a fim de otimizar as tarefas do programa de manutenção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 METODOLOGIA PARA OTIMIZAR AS TAREFAS DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

A maioria das decisões para as modificações e a otimização do programa de manutenção corrobora para cumprir os requisitos de aeronavegabilidade ou operacionais. Esse cenário pode ser melhorado se forem quantificados o investimento e a economia realizados pelas modificações dos boletins de serviço¹, junto com a otimização do programa de manutenção (SUWONDO, 2008).

Os custos de operação das aeronaves comerciais envolvem os custos diretos e indiretos. Os custos diretos são tripulação, combustível, óleo, depreciação, leasing, seguro e manutenção. Os custos indiretos são compostos das taxas de operação, serviços de cabine, emissão de passagens e administração (SUWONDO, 2008).

Os sistemas das aeronaves degradam ao longo da operação, sendo um dos fatores que contribuem para que funcionalidades específicas do projeto diminuam com consequentemente queda da disponibilidade e operação. Geralmente, uma falha é definida como uma condição insatisfatória não prevista (CHRISTER; WALLER, 1994). As duas condições de falhas podem ser definidas como falha funcional e falha potencial. A falha funcional é definida como a incapacidade de um item ou equipamento em manter um padrão de funcionamento padrão. A falha potencial é uma identificação física que indica a iminência de uma falha funcional (SUWONDO, 2008). A diferença no tempo entre uma falha potencial e a falha funcional é chamada de tempo de atraso (*delay time*) (SMIT, 2014).

A otimização do programa de manutenção requer análise das tarefas do programa de manutenção e o custo de investimento consiste do custo de engenharia e modificações para aumento da confiabilidade (SUWONDO, 2008). Alterações dos custos de operação são resultado da otimização do programa de manutenção. Os custos de operação incluem a redução dos custos de manutenção e depreciação. As alterações dos custos de manutenção são, por causa das alterações do intervalo de manutenção, eliminação ou redução da manutenção de não rotina e manutenção não programada pela otimização do programa de manutenção e melhoria dos sistemas pelos boletins de serviço. Alterações no ganho na oportunidade de receita são explicadas pelas alterações da disponibilidade da aeronave, as quais ocorrem devido às alterações no tempo de solo durante as manutenções de rotina, não rotina e não programada (SUWONDO, 2008).

O modelo de “tempo de atraso” determina o intervalo de tempo entre a primeira indicação do defeito e a ocorrência da falha, conforme Figura 1. Pelo conhecimento da função “tempo de atraso”, um ótimo intervalo de inspeção para uma determinada tarefa poderá ser encontrado, o qual minimiza o custo total de manutenção.

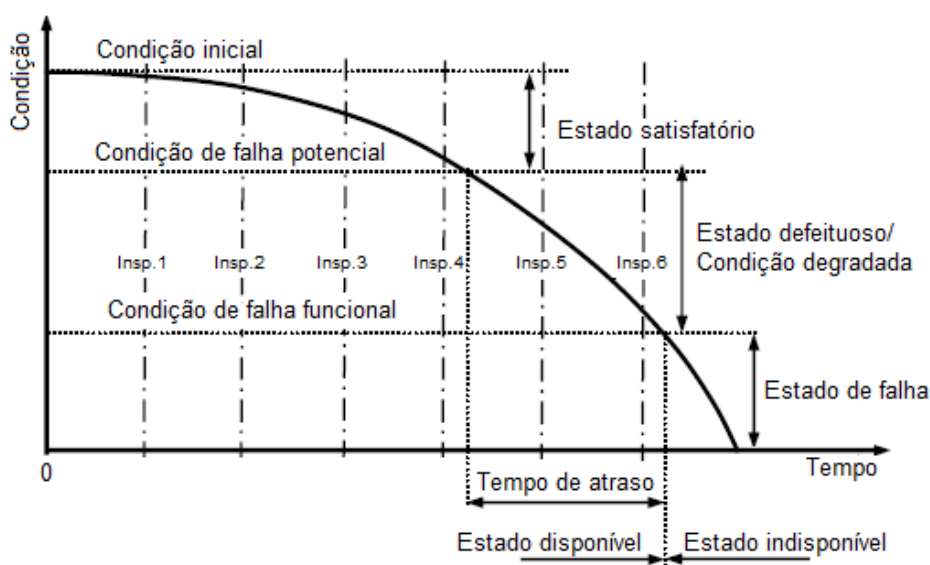


Figura 1 – Condições de falha

¹ Documento que pode ser emitido pela organização fabricante do produto aeronáutico (aeronave, motor, hélice, equipamento e componente), com o objetivo de corrigir falha ou mau funcionamento deste produto ou nele introduzir modificações e/ou aperfeiçoamentos, ou ainda visando à implantação de ação de manutenção ou manutenção preventiva aditiva àquelas previstas no programa de manutenção básico do fabricante.

Fonte: SUWONDO, 2008. (Adaptado)

Um defeito pode ser detectado quando o sistema falha (falha funcional) ou durante uma inspeção (falha potencial). Caso a soma do período de tempo entre o início do defeito (y) e o “tempo de atraso” (h) seja menor que o intervalo da inspeção, o sistema poderá falhar antes da inspeção programada. Caso a soma do período de tempo entre o início do defeito (y) e o “tempo de atraso” (h) seja maior que o intervalo da inspeção, o defeito será detectado durante a inspeção programada, conforme ilustrado na Figura 2. Como exemplo de inspeção programada, podemos citar a manutenção de linha conforme RBAC 43, a qual é a uma inspeção programada que contém serviço e/ou inspeções que não requerem treinamento especial, equipamento especial, recursos especiais ou instalações especiais e inclui checks progressivos, desde que todas as tarefas desses checks possam ser executadas seguramente no local pretendido (ANAC, 2014).

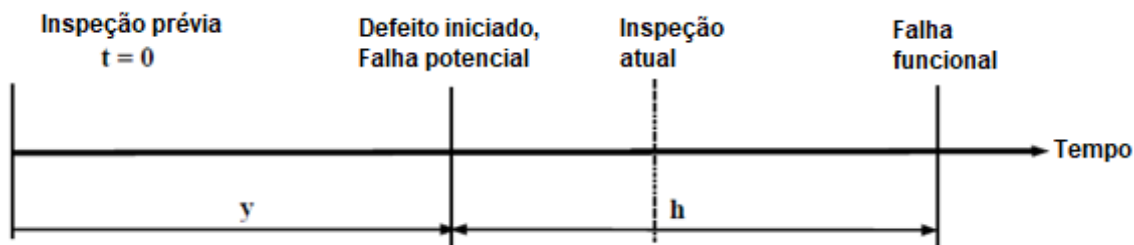


Figura 2 – Ilustração do período de tempo entre o início de defeitos e a ocorrência de falha

Fonte: SUWONDO, 2008. (Adaptado)

2.2 ANÁLISE DE CUSTO DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES POR MEIO DO ESCALONAMENTO DAS TAREFAS

O Custo do Ciclo de Vida – Life Cycle Cost (LCC) é o somatório de todos os custos recorrentes e não recorrentes aplicáveis a um produto, bem, serviço, estrutura ou sistema, durante toda a sua vida útil ou por um período definido de tempo. O custo do ciclo de vida leva em consideração os custos de aquisição, instalação, operação, manutenção, atualização e também o valor residual do produto, bem, serviço, estrutura ou sistema, no momento de repasse do produto para um terceiro ou no final da vida útil (BLANCHARD, 1991).

O custo total consiste do investimento inicial (aquisição) e da utilização (operação e suporte). Os custos de investimento são, normalmente, divididos em pesquisa e desenvolvimento, testes, avaliação e custo de produção. O custo de utilização inclui operação, manutenção e descarte (SUWONDO, 2008).

O Custo Total de Operação – Total Operating Cost (TOC) é dividido em duas grandes categorias: o Custo Direto de Operação – Direct Operating Cost (DOC) que representa cerca de 42,4%, conforme Tabela 1, e o Custo Indireto de Operação – Indirect Operating Cost (IOC), que representa cerca de 57,6%, conforme Tabela 2.

2.2.1 Custos de atrasos e cancelamentos

Os custos de atrasos e cancelamentos geram perda de receita devido à baixa disponibilidade das aeronaves na operação (SUWONDO, 2008). O número de atrasos e cancelamentos tendem a diminuir com maior confiabilidade dos componentes ou com o uso de redundância (projeto) e pela manutenção programada bem executada (SUWONDO, 2008).

2.2.2 Otimização do programa de manutenção

A manutenção programada é, geralmente, considerada um custo visível, porque pode ser estimada antes que ocorra. Esse custo pode ser estimado pela demanda homem/hora para execução das tarefas de manutenção. Dessa forma, uma economia significativa poderá ser gerada pelo escalonamento dos intervalos do programa de manutenção. O escalonamento do programa de manutenção aumenta a disponibilidade da aeronave para operação, gerando mais receita. Entretanto, deve considerar o impacto na manutenção de não rotina (reparos) e manutenção corretiva (SUWONDO, 2008).

As equações para os cálculos da economia, proporcionada pelo escalonamento do programa de manutenção, são apresentadas a seguir. O escalonamento está atrelado às decisões de engenharia, quando em análise dos dados dos programas de acompanhamento e análise continuada, cumpridos conforme RBAC 121.373 pelas empresas RBAC 121 e RBAC 135.431 pelas empresas RBAC 135.

- Redução do número de checagem de tipo A

$$N_{rch} = t_{oef} \left[\frac{t_{opa}}{t_{chA}} - \frac{t_{opa}}{t_{chA} (1 + T_{esc})} \right] \quad (1)$$

em que:

N_{rch}	=	Número de checagem reduzido, [checagem / aeronave];
t_{oef}	=	Tempo efetivo de operação da aeronave (vida útil), [ano];
t_{opa}	=	Tempo de operação anual da aeronave, [h / ano];
t_{chA}	=	Intervalo de tempo para a checagem da aeronave, [h / (checagem/aeronave)];
T_{esc}	=	Percentual de aumento do intervalo de escalonamento, [adimensional].

- Economia resultante da redução do número de checagens:

$$C_{red} = N_{rch} C_{ch} \quad (2)$$

em que:

C_{red}	=	Redução de custos em função da redução do número de checagens durante a vida útil da aeronave, [US\$ / aeronave];
C_{ch}	=	Custo unitário de checagem [US\$ / checagem];

- Aumento da disponibilidade da aeronave

$$A_{dis} = N_{rch} t_{exchA} \quad (3)$$

em que:

A_{dis}	=	Aumento da disponibilidade da aeronave para voar, [h / aeronave].
t_{exchA}	=	Tempo de execução da checagem tipo A, [h / checagem].

- Oportunidade de receita em função do aumento da disponibilidade da aeronave

$$R_{op} = A_{dis} V_{aer} R_{pk} N_{as} T_{oc} \quad (4)$$

em que:

R_{op}	=	Oportunidade de receita, [US\$ / aeronave];
V_{aer}	=	Velocidade média da aeronave por bloco [km / h];
R_{pk}	=	Receita por quilômetro, [US\$ / km];
N_{as}	=	Número de assentos da aeronave, [adimensional];
T_{oc}	=	Taxa percentual de ocupação, [adimensional].

- Estimativa do aumento de receita

$$R_{au} = T_{lu} R_{op} \quad (5)$$

em que:

R_{au}	=	Aumento de receita, [US\$ / aeronave];
T_{lu}	=	Percentual de lucro [adimensional].

- Estimativa da economia total por aeronave durante o período avaliado

$$R_{tau} = C_{red} + R_{au} \quad (6)$$

- Estimativa da economia anual por aeronave

$$R_{aae} = \frac{R_{\tau au}}{N_{ano}} \quad (7)$$

em que:

$$R_{aae} = \text{Economia anual por aeronave, } [(US\$ / \text{ano}) / \text{aeronave}];$$

$$N_{ano} = \text{Período de tempo avaliado (vida útil), } [\text{ano}].$$

2.2.3 Modificações das aeronaves

As modificações têm o objetivo de assegurar e manter a aeronavegabilidade da aeronave, melhorando a confiabilidade e, conseqüentemente, a rentabilidade da empresa aérea, com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços, o valor do ativo e o mercado da aeronave (SUWONDO, 2008). Os boletins de serviço são instrumentos legais para execução das modificações nas aeronaves ou através das modificações do projeto de tipo conforme RBAC 21.93. Cada pessoa mantendo, modificando, reparando ou executando manutenção preventiva deve executar esse trabalho de tal maneira e usar materiais de tal qualidade que as condições da aeronave, célula, hélice, rotor ou equipamento trabalhado fiquem pelo menos iguais às condições originais ou fiquem apropriadamente modificadas, conforme RBAC 43.13.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira descreve a metodologia para a otimização das tarefas do programa de manutenção de aeronaves. A segunda apresenta detalhes da análise dos custos operacionais de uma frota de aeronaves, com base na otimização do programa de manutenção destas.

3.1 METODOLOGIA, COM BASE NA ESTATÍSTICA, PARA OTIMIZAR AS TAREFAS DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

A função de um sistema é definida como sua característica normal de operação, incluindo as ações necessárias para um sistema atingir a sua meta. A maneira como ocorre a falha do sistema, ao executar sua função, caracteriza a falha funcional, e existem normalmente três possibilidades de falhas (EMBRAER, 2017): (i) completa perda de função, (ii) intermitência da função e (iii) a função se torna ativa quando não esperada.

O efeito da falha é a consequência da falha funcional e somente um efeito é considerado, sendo avaliado normalmente o mais rigoroso em relação a segurança operacional. A causa da falha funcional é analisada por meio dos componentes e dos eventos relevantes, que podem causá-la.

O procedimento usado para determinar um programa de manutenção de sistemas e motores aeronáuticos utiliza uma lógica de dois níveis. O primeiro nível de análise requer as avaliações das falhas funcionais para determinar a categoria do efeito da falha. O segundo nível de análise determina a tarefa de manutenção apropriada, considerando o efeito da falha encontrada no primeiro nível, as causas, a aplicabilidade e a efetividade da tarefa.

A análise de primeiro nível considera as falhas funcionais e suas consequências para determinar a categoria, por meio de uma lógica SIM ou NÃO, realizada por meio de questões. A primeira questão verifica se uma falha foi evidente ou oculta. Caso a falha seja evidente, a próxima questão determina se a falha ou a perda de função pode levar a um efeito adverso na segurança da operação. Caso a falha seja evidente e não possua consequências na segurança, uma questão deve ser respondida para determinar se ela pode afetar a capacidade operacional ou se possui apenas consequências econômicas, conforme MSG-3².

No caso de falhas ocultas, outra questão determina se a falha pode levar a um efeito adverso na segurança de operação, no caso de uma falha adicional no sistema relacionado. A lógica de determinação do efeito adverso de uma falha na segurança de operação, no caso de uma falha adicional, encontra-se representada na Figura 3 (EMBRAER, 2017).

Para otimização das tarefas do programa de manutenção de sistemas e motores, as categorias das falhas do terceiro nível da lógica apresentadas na Figura 3 são levadas em consideração. Dados referentes às tarefas são coletados em campo por meio de amostras, cujo tamanho é calculado estatisticamente a partir do tamanho da frota mundial de um mesmo certificado de tipo, em função dos ciclos e das horas voadas que representam a população finita de tarefas executadas mundialmente. O nível de confiança a ser considerado é de 95%, com intervalo de confiança ou erro variando de 4% a 6%.

A estimativa do tamanho da amostra dependerá das proporções estudadas, do nível de confiança, das probabilidades de sucesso (p) ou não sucesso na execução da tarefa (q), assim como do intervalo de confiança.

² Maintenance Steering Group (MSG) é um grupo de trabalho (IWG – Industry Working Group) com participantes das diversas áreas e instituições: clientes (operadores), autoridades (FAA), projetistas, fornecedores entre outros, para estabelecer uma filosofia de manutenção. O MSG-3 se difere dos MSG-2 e MSG-1 por ser orientado no processo e não na tarefa. O processo MSG-3 tem como foco a consequência da falha.

Se a população for considerada finita de tamanho (N), o tamanho da amostra (n) pode ser determinado usando a Equação 8 e a Equação 9 (TRIOLA, 1998).

$$n = \frac{z^2 p q N}{z^2 p q + (N-1)E^2} \quad (8)$$

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (9)$$

em que:

n	=	Tamanho da amostra;
Z	=	Valor crítico da variável de distribuição S normal padronizada, que corresponde ao grau de confiança desejado $\left(z = \frac{x - \bar{x}}{s} \right)$;
p	=	Probabilidade de sucesso na execução da tarefa;
q	=	Probabilidade de não sucesso na execução da tarefa ($q = 1 - p$);
N	=	Tamanho da população;
E	=	Erro máximo da estimativa,
X	=	Variável em estudo, com média \bar{X} e desvio padrão S ;
\bar{x}	=	Média da amostra em estudo;
S	=	Desvio padrão da amostra em estudo.

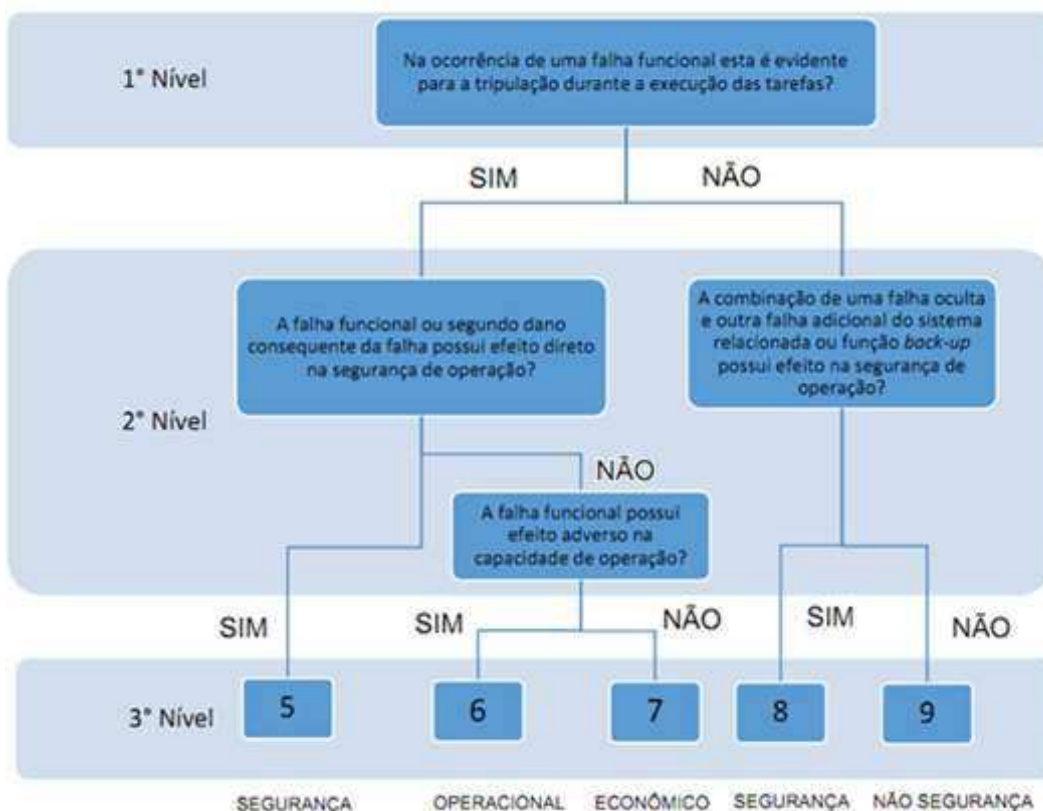


Figura 3 – Lógica de determinação do efeito adverso de uma falha na segurança de operação no caso de uma falha adicional

Fonte: EMBRAER, 2017. (Adaptado)

A análise dos dados de manutenção ocorre em dois níveis, sendo o primeiro nível para análise das tarefas programadas e seus resultados, com uma probabilidade p de sucesso depois da execução. O segundo nível de análise é, normalmente, usado quando o primeiro nível de análise não confirma o escalonamento do intervalo e/ou quando os dados de manutenção não programada distorcem os dados da manutenção programada. No Quadro 1 apresentam-se os critérios para análise dos dados de manutenção de acordo com Embraer (2017).

Quadro 1 – Definição dos critérios para análise de dados de manutenção

Categoria da Falha	Primeiro Nível de Análise	Segundo Nível de Análise	Conclusão
Sistemas: (5 e 8) E = 4%	$p \geq 90\%$	N/A	A tarefa é candidata ao escalonamento proposto.
	$p < 90\%$	Realizar análise de confiabilidade, gerando a distribuição dos dados e verificar o valor do intervalo para $p=90\%$	Completar a análise de segundo nível e limitar o intervalo para o valor de $p=90\%$.
Sistemas: (6 e 9) E = 5%	$p \geq 90\%$	N/A	A tarefa é candidata ao escalonamento proposto.
	$p < 90\%$	Realizar análise de confiabilidade, gerando a distribuição dos dados e verificar o valor do intervalo para $p=80\%$	A tarefa é candidata ao escalonamento para $p=80\%$
Sistemas: (7) E = 6%	$p \geq 90\%$	N/A	A tarefa é candidata ao escalonamento proposto.
	$p < 90\%$	Realizar análise de confiabilidade, gerando a distribuição dos dados e verificar o valor do intervalo para $p=70\%$	A tarefa é candidata ao escalonamento para $p=70\%$

Fonte: EMBRAER, 2017. (Adaptado)

3.2 ANÁLISE DOS CUSTOS COM BASE NA OTIMIZAÇÃO DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

A análise de custo/benefício contempla os custos das melhorias dos sistemas, propostas pelos fabricantes, por meio de dados técnicos conforme a regra de execução geral contida no RBAC 43.13 e escalonamento dos intervalos das tarefas de manutenção. O objetivo dessa análise é explicitar o potencial de economia, devido à redução de custos, em relação à diminuição das remoções não programadas de aeronaves e ganhos com as modificações dessas aeronaves ao longo do tempo em que elas permanecem em operação.

A análise de otimização é baseada nos investimentos, nas alterações do custo de manutenção, nas alterações na oportunidade de receita e período de estudo. O teste do modelo para análise dos custos operacionais foi realizado utilizando os dados relativos aos custos da manutenção programada e não programada da aeronave selecionada para este estudo, incluindo os dados de confiabilidade dos sistemas desta aeronave. Com base no escalonamento das tarefas de manutenção e diminuição das remoções não programadas da aeronave, foi projetada a diminuição dos custos de manutenção utilizando a metodologia proposta por Suwondo (2008).

Uma análise de depreciação das aeronaves ao longo de sua vida útil é possível de ser realizada utilizando os investimentos iniciais, os custos de locação (*leasing*) e os custos de utilização, para serem analisados juntos com os valores de ganhos com escalonamento das tarefas de manutenção e modificação das aeronaves. Devido à dificuldade de quantificar o valor de redução de depreciação, normalmente devido à melhoria do produto com aplicação de boletins de serviço e, conseqüentemente, aumento da confiabilidade, no presente trabalho a redução da depreciação foi considerada igual a zero. A análise foi baseada na redução dos custos diretos de manutenção, com a análise de escalonamento das tarefas do programa de manutenção da aeronave ATR 72-600, com propulsão turboélice de fabricação francesa.

O programa de manutenção da frota ATR 72-600 é composto, basicamente, dos seguintes tipos de checagem (*checking*):

- Checagem de linha** – composta da inspeção de linha a cada dois dias do calendário e da checagem semanal a cada sete dias. As tarefas executadas são, normalmente, inspeções visuais, checagens operacionais e tarefas de serviço;
- Checagens A, 2A, 3A e 4A** – realizadas a cada 500 horas de voo. As tarefas executadas são tarefas de inspeções zonais, ou seja, por áreas da aeronave, teste de equipamento de teste incorporado ou *b.i.t.e.* (*built-in test equipment – b.i.t.e.*), checagens operacionais, lubrificação e de serviço;
- Checagens C, 2C e 4C** – realizadas a cada 5000 horas de voo. As tarefas executadas são inspeções zonais, operacionais e checagens funcionais da aeronave e sistemas do motor;
- Checagens estruturais** – programa de controle e prevenção de corrosão³ e fadiga. Os limites e intervalos são expressos em anos. O programa de controle e prevenção da corrosão possui os limites de 2, 4 e 8 anos com intervalos de 2, 4 e 8 anos.

³ O programa de controle e prevenção de corrosão tem como objetivo de controlar a corrosão e manter a aeronave resistente a corrosão, baseado nos resultados da análise de deterioração ambiental.

O programa de controle e prevenção de fadiga possui os limites de 18.000, 24.000 e 36.000 voos, com intervalos de 3.000, 6.000, 12.000, 18.000 e 24.000 voos;

- e) **Inspecões dos componentes** – estas inspecões incluem: (1) A monitoração da condição do motor (*Engine on Condition Monitoring*) com relação à sua condição e ao seu nível de degradação, para avaliar a necessidade de revisão; (2) Inspecão dos cubos e das pás das hélices a cada 10.500 horas de voo; (3) Revisão geral do trem de pouso com 20.000 pousos ou 9 anos, o que ocorrer primeiro.

Para embasar as análises de custos dos intervalos escalonados, foram utilizadas informações contidas nos gráficos apresentados na Figura 4 e na Figura 5. A análise dos custos operacionais de uma frota de aeronaves, com base na otimização do programa de manutenção destas, foi realizada com base nas equações desenvolvidas e apresentadas na sequência (Equações de 10 a 15).

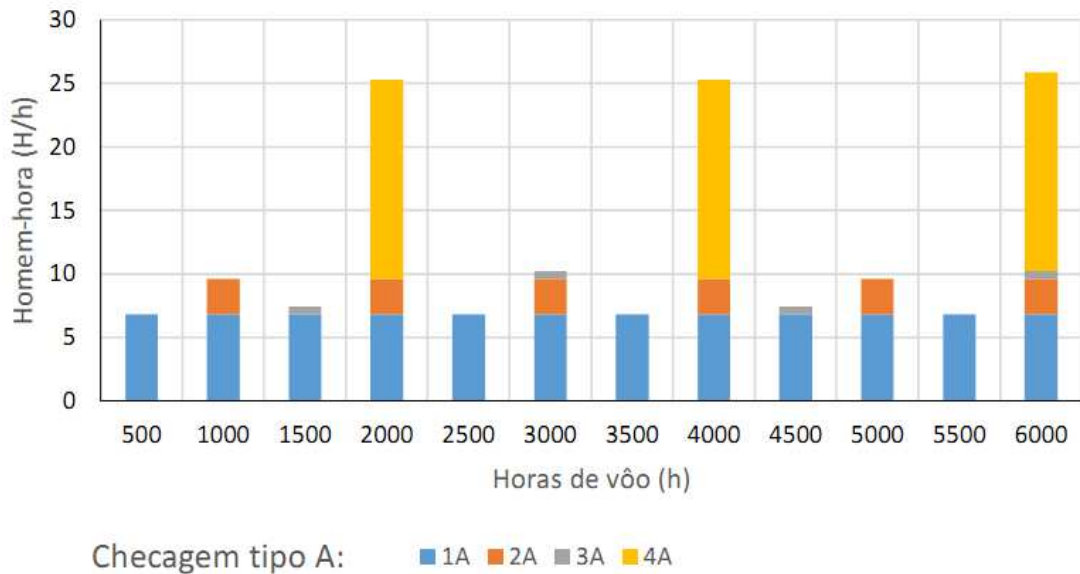


Figura 4 – Quantidade de homem/hora necessária para executar as tarefas de checagem tipo A, 2A, 3A e 4A, na frota de aeronaves ATR 72-600
Fonte: ATR, 2013. (Adaptado)

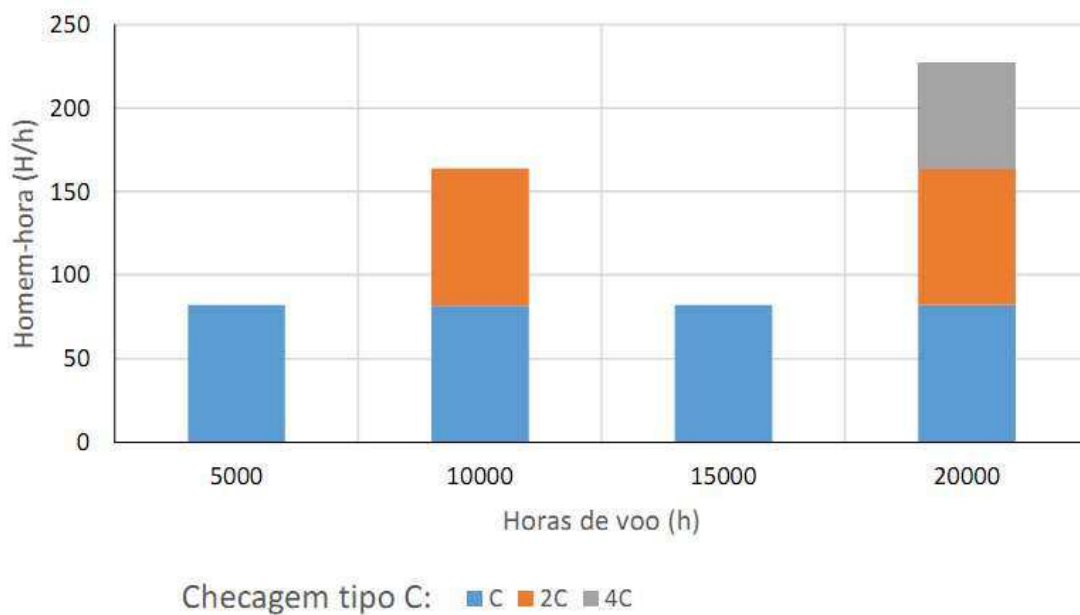


Figura 5 – Quantidade de homem/hora necessária para executar as tarefas de checagem tipo C, 2C e 4C, na frota de aeronaves ATR 72-600
Fonte: ATR, 2013. (Adaptado)

- Receita por quilômetro de voo

$$R_{pk} = \frac{R_b}{(N_{pas})(D_{voo})} \quad (10)$$

em que:

$$\begin{aligned} R_{pk} &= \text{Receita por quilômetro de voo, [(US\$/passageiro)/km]}; \\ R_b &= \text{Receita bruta por voo, [US\$]}; \\ N_{pas} &= \text{Número de passageiros por voo, [passageiro]}; \\ D_{voo} &= \text{Distância percorrida em cada etapa de voo, [km]}. \end{aligned}$$

- Custo de mão de obra

$$C_{mo} = V_{ht} I_c m_i \quad (11)$$

em que:

$$\begin{aligned} C_{mo} &= \text{Custo de mão-de-obra, [US\$]}; \\ V_{ht} &= \text{Custo de uma hora de trabalho de um homem, [US\$/h]}; \\ I_c &= \text{Intervalo entre as inspeções em horas de voo, [h]}; \\ m_i &= \text{Índice monetário da mão de obra interna por hora de voo, [h/h]}. \end{aligned}$$

- Custo de material

$$C_{ma} = m_{ai} I_c \quad (12)$$

em que:

$$\begin{aligned} C_{ma} &= \text{Custo de material, [US\$]}; \\ m_{ai} &= \text{Índice monetário do material por hora de voo, [US\$/h]}. \end{aligned}$$

- Custo total anual

$$CT_a = C_{mo} + C_{ma} \left(\frac{B_h F_{vd} T_o}{I_c} \right) \quad (13)$$

em que:

$$\begin{aligned} CT_a &= \text{Custo total anual, [US\$]}; \\ B_h &= \text{Tempo da aeronave em voo mais o tempo de taxiamento, [h]}; \\ F_{vd} &= \text{Frequência de voos por dia, [1/dia]}; \\ T_o &= \text{Tempo de operação da frota por ano, [dia]}. \end{aligned}$$

- Tempo total anual

$$TT_a = T_s \left(\frac{B_h F_{vd} T_o}{I_c} \right) \quad (14)$$

em que:

$$TT_a = \text{Tempo total anual, [h]};$$

T_s = Tempo de permanência da aeronave em solo, [h].

- Oportunidade de receita:

$$R_{op} = \left(\frac{N_{pas} T_{xoc} \bar{D}_{voo}}{B_h} \right) (R_{pk} TT_{10}) \quad (15)$$

em que:

R_{op} = Oportunidade de receita, [US\$];
 T_{xoc} = Taxa de ocupação anual da frota, [adimensional]
 \bar{D}_{voo} = Distância média de voo em cada etapa realizada, [km];
 TT_{10} = Custo total em dez anos, [US\$].

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESCALONAMENTO DAS TAREFAS DO PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

Seguindo a metodologia descrita na Seção 3.1, foi realizada uma simulação para análise de custo para uma frota de aeronaves ATR 72-600, com um escalonamento de 25% dos intervalos de inspeções do tipo A e do tipo C, referentes ao programa de manutenção da aeronave. As inspeções do tipo A e do tipo C foram escolhidas devido à considerável repetitividade⁴ ao longo do ciclo de vida da aeronave.

4.2 Análise dos custos com base no escalonamento do programa de manutenção

A Tabela 3 contém os dados de uma empresa aérea brasileira, utilizados na análise da otimização de custos do programa de manutenção das aeronaves. O período analisado foi igual a 10 anos de operação, com uma média de 289 dias anuais de operação da aeronave ATR 72-600. Os resultados das operações realizadas para esta aeronave no ano de 2015 encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Dados da frota de aeronaves de uma empresa brasileira utilizados nas análises realizadas neste trabalho

Descrição das características da frota de aeronaves	
Tipo e modelo da aeronave analisada	ATR 72-600
Número de aeronaves da frota	40 unidades
Distância média percorrida por etapa de voo	410 km
Tempo de permanência em cada bloco	1,38 h
Frequência de voos diários	5 voos por dia
Capacidade de lotação de ocupação da aeronave	70 passageiros
Taxa de ocupação	0,79

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 4 – Operações realizadas pela frota de aeronaves ATR 72-600 no ano de 2015

Características da operação	Unidade	Valor
Número de passageiros transportados	ud	20.177.711
Distância média voada por etapa	km	694

⁴ A repetitividade está relacionada às intervenções de manutenção, estas relacionadas às recorrências das falhas e estas baseiam-se nas curvas de confiabilidade dos itens analisados, a fim de que este escalonamento tenha efetividade. A Confiabilidade é definida, do ponto de vista da Engenharia, sendo desta a última palavra, para que fatores como de aeronavegabilidade sejam mantidos.

Receita anual	US\$	2.000.000.000
Receita por quilômetro	US\$/passageiro	0,14

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores de mão de obra local, convertidos para a moeda americana (dólar americano), utilizados no modelo de escalonamento, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de mão de obra local para serviços em aeronaves ATR 72-600

Descrição	Unidade	Valor
Valor de uma hora de trabalho para serviços de manutenção	US\$/h	20
Valor de uma hora de trabalho para serviços de engenharia	US\$/h	30
Taxa de juros	1/ano	0,12

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores relativos ao custo de mão de obra interna e de material, relativos às inspeções, foram obtidos da fabricante da aeronave ATR 72-600, conforme constam na Tabela 6.

Tabela 6 – Custo de mão de obra interna e de material, relativo às inspeções, obtido da fabricante da aeronave ATR 72-600

Tarefas por hora de voz	Mão de obra interna (h/h)	Material (US\$/h)	Total (US\$/h)
Inspeções de linha e serviço (h serviço/h voo)	0,14	0,40	4,72
Inspeções A, 2A, 3A e 4A	0,10	11,20	14,32
Inspeções C, 2C e 4C	0,08	5,83	9,71
Inspeções estruturais	0,15	9,68	17,09

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o intervalo de inspeção não escalonado (atual) utilizado do programa de manutenção da aeronave do tipo/modelo ATR 72-600 igual a 500 horas de voo (500 FH) para a inspeção do tipo A e 5000 horas de voo (5000 FH) para a inspeção do tipo C, os resultados obtidos para as inspeções A, 2A, 3A, 4A, C, 2C e 4C se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados obtidos para as inspeções A, 2A, 3A, 4A, C, 2C e 4C para a aeronave ATR 72-600 com intervalo não escalonado do programa de manutenção

Manutenção de rotina	C _{mo} (US\$)	C _{ma} (US\$)	T _s (h)	I _c (h)	CT _a (US\$)	CT ₁₀ (US\$)	TT _a (h)	TT ₁₀ (h)
Inspeção A (A, 2A, 3A e 4A)	1.000	5.600	12,50	500	26.322,12	263.221,20	49,85	498,53
Inspeção C (C, 2C e 4C)	8.000	29.150	139,00	5000	N/A	148.161,63	N/A	554,36
Custos/Tempo Total						411.382,83		1.052,88

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se, com base nos resultados contidos na Tabela 7, que, utilizando os intervalos não escalonados para as inspeções de tipo A e tipo C, o custo total relativo à manutenção direta, considerando como zero o valor de manutenção de não rotina e não programada, é igual a US\$ 411.382,83. Nesse caso, a oportunidade de receita referente ao tempo total de 1.052,88 horas é igual a US\$ 2.470.639,53.

Para as inspeções do tipo A, obtém-se uma oportunidade de receita igual a US\$ 1.169.810,38, e, para as inspeções do tipo C, a oportunidade de receita é igual a US\$ 1.300.829,15.

Considerando, agora, o intervalo escalonado do programa de manutenção da aeronave ATR 72-600 em 25% dos valores atuais, o intervalo de inspeção do tipo A é aumentado de 500 horas de voo para 625 horas de voo e para a inspeção do tipo C este intervalo passa de 5000 h para 6.250 h. Os resultados obtidos para as inspeções do tipo A, 2A, 3A, 4A, C, 2C e 4C encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados obtidos para as inspeções A, 2A, 3A, 4A, C, 2C e 4C para a aeronave ATR 72-600 com intervalo escalonado do programa de manutenção

Manutenção de rotina	Cmo (US\$)	Cma (US\$)	Ts (h)	Ic (h)	CTa (US\$)	CT10 (US\$)	TTa (h)	TT10 (h)
Inspeção A (A, 2A, 3A e 4A)	1.000	5.600	12,50	625	21.057,70	210.576,96	39,88	398,82
Inspeção C (C, 2C e 4C)	8.000	29.150	139,00	6.250	N/A	118.529,30	N/A	443,49
Custos/Tempo Total						329.106,26		842,31

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com base nos resultados contidos na Tabela 8, para intervalos escalonados do programa de manutenção, obtém-se o custo total relativo à manutenção direta igual a US\$ 329.106,26, considerando como zero o valor de manutenção de não rotina e não programada. Nesse caso, obtém-se uma oportunidade de receita, referente ao tempo total de 842,31 h, igual a US\$ 1.976.511,62.

Para as inspeções do tipo A, com o escalonamento, obtém-se uma oportunidade de receita igual a US\$ 935.848,31, e, para as inspeções do tipo C, a oportunidade de receita é igual a US\$ 1.040.663,32. Os custos para execução dessas tarefas encontram-se na Tabela 9, e os custos das modificações e do aumento no valor de revenda das aeronaves, adotando-se um procedimento conservativo, encontram-se na Tabela 10.

O valor médio da economia anual obtido com a manutenção direta, no período de 10 anos de operação, refere-se à média da diferença entre o custo total da manutenção direta considerando o intervalo de manutenção não escalonado (atual) e o escalonado, durante o período de operação considerado.

Tabela 9 – Custos com a execução de tarefas relacionadas à análise e ao desenvolvimento de técnicas de escalonamento e otimização do programa de manutenção de aeronaves

Descrição das tarefas	Custos (US\$)
Custo da coleta de dados	768.000,00
Custo da análise do problema	12.900,00
Custo de desenvolvimento	12.900,00
Custo do suporte de manutenção	19.200,00
Custo Total de Análise	813.000,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 10 – Custos das modificações e do aumento no valor de revenda das aeronaves, adotando-se um procedimento conservativo

Descrição dos custos	Custos (US\$)
Custo das modificações	0,00
Aumento no valor de revenda das aeronaves	0,00
Economia anual na manutenção total direta	8.227,66
Custo manutenção não programada	0,00
Redução do custo de componentes	0,00
Outras reduções anuais de custo	0,00
Economia anual com manutenção direta, para inspeção do tipo A	5.264,42
Economia com manutenção de 3 anos, 6 anos e 9 anos, para inspeção do tipo C	9.877,44
Oportunidade de receita anual, para inspeção do tipo A	23.396,21
Oportunidade de receita em 3 anos, 6 anos e 9 anos, para inspeção do tipo C	86.721,94

Fonte: Elaborada pelos autores.

O valor médio da economia com a manutenção direta, relativa às inspeções do tipo A, foi calculado pela diferença média entre o custo total das inspeções do tipo A para o intervalo não escalonado e o escalonado, no período de 10 anos.

A economia com a manutenção direta relativa às inspeções do tipo C foi calculada pela diferença média entre os custos totais das inspeções do tipo C (considerando as três categorias: C, 2C e 4C), para o intervalo não escalonado e o escalonado.

A oportunidade de receita referente às inspeções do tipo A foi calculada pela média das diferenças entre os valores de oportunidade de receita considerando os intervalos não escalonado (atual) e escalonado, no período de 10 anos.

A oportunidade de receita referente às inspeções do tipo C foi calculada pela média das diferenças entre os valores de oportunidade de receita considerando os intervalos não escalonado (atual) e escalonado, para as três categorias de inspeções (C, 2C e 4C).

A oportunidade de receita referente às inspeções do tipo C foi calculada pela média das diferenças entre os valores de oportunidade de receita considerando os intervalos não escalonado (atual) e escalonado, para as três categorias de inspeções (C, 2C e 4C).

O valor total futuro (V_f) se refere à diferença entre o investimento e a economia anuais, calculada no valor presente (V_p), para a taxa de juros considerada (j) e o período de investimento (n). O valor presente é calculado usando a equação:

$$V_p = \frac{V_f}{(1+j)^n} \quad (16)$$

O tempo de retorno do investimento para o escalonamento do programa de manutenção foi de 1,55 anos, com potencial de economia de US\$ 311.558,03 por aeronave. Portanto, para um operador com uma frota de 40 aeronaves ATR 72-600 este potencial poderá chegar a US\$ 12.462.321,25. Estes resultados encontram-se resumidos na Tabela 11.

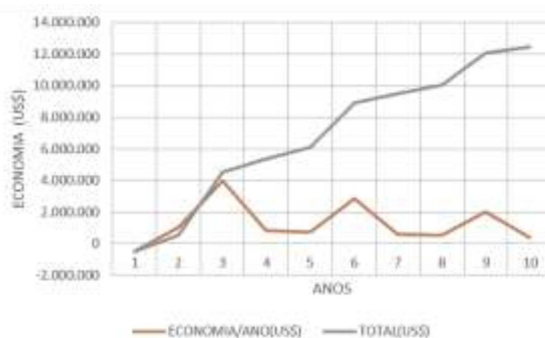
Tabela 11 – Economia com a manutenção da frota de aeronaves ATR 72-600 com o escalonamento do programa de manutenção.

Cálculo do escalonamento / Economia da frota			
Ano	Investimento (US\$)	Economia (US\$)	Total (US\$)
1	813.000,00	333.425,27	-479.574,73
2	0,00	1.146.425,27	1.023.593,99
3	0,00	5.010.400,67	3.994.260,74
4	0,00	1.146.425,27	816.002,86
5	0,00	1.146.425,27	728.573,98
6	0,00	5.010.400,67	2.843.035,90
7	0,00	1.146.425,27	580.814,72
8	0,00	1.146.425,27	518.584,57
9	0,00	5.010.400,67	2.023.616,79
10	0,00	1.146.425,27	413.412,44
Total			12.462.321,25

Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise do custo do ciclo de vida da aeronave em estudo encontra-se representada graficamente na Figura 6. Pode-se observar, nesta figura, o potencial de economia anual e de economia total em um período de 10 anos, com o escalonamento do programa de manutenção das aeronaves.

Figura 6 – Resultado da análise do custo do ciclo de vida da aeronave ATR 72-600.



Fonte: Elaborada pelos autores.

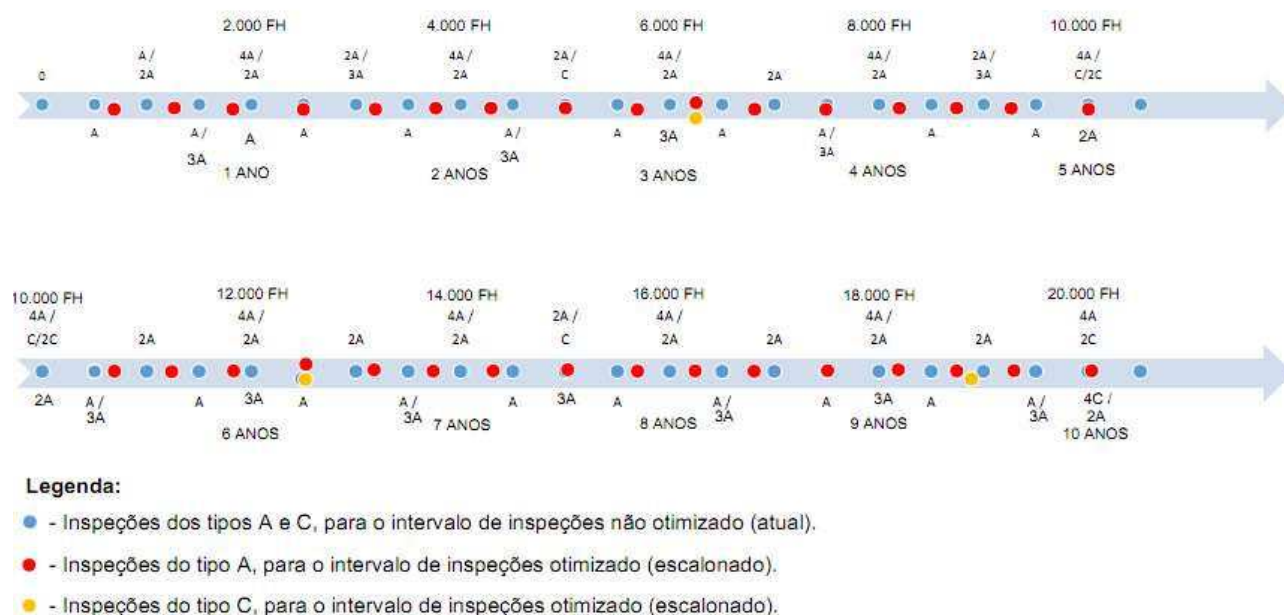


Figura 7 – Representação ilustrativa da linha do tempo das inspeções (*checks*) do tipo A e C, para o intervalo de inspeção não escalonado e escalonado

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme demonstrado na Figura 7, em 10 anos de operação, com intervalo escalonado, realizam-se oito checagens do tipo A e uma checagem do tipo C a menos, o que significa um ganho no tempo de operação da aeronave ATR 72-600 de cerca de 210 horas e aumento na receita dessa aeronave.

5 CONCLUSÃO

A análise do custo de ciclo de vida é uma ferramenta importante para o gerenciamento dos custos e das tomadas de decisões, que envolvem desde o nascimento até o descarte de determinado produto. Os custos de manutenção das aeronaves representam cerca de 12,8% do custo de vida de uma aeronave e podem ser gerenciados de forma eficiente pelo escalonamento e pela otimização do programa de manutenção, com o objetivo de aumentar o período de receita de determinada aeronave durante o seu ciclo de vida, sem afetar a segurança de voo.

Os programas de manutenção das aeronaves podem ser escalonados e otimizados conforme o perfil de operação de cada operador, pois as condições, às quais os sistemas e as estruturas aeronáuticas estão expostos e que são utilizadas, são diferenciadas podendo, dessa forma, ser possível obter um ótimo intervalo de manutenção conforme o perfil de operação da aeronave.

No caso analisado de uma frota de 40 aeronaves, um escalonamento de 25% das inspeções, que possuem maior frequência de execução, forneceu uma oportunidade de receita de, aproximadamente, US\$ 12.462.321,25, durante 10 anos de operação. E esse período representa cerca de um terço da vida útil de uma aeronave. Outras ações para melhorar a receita de uma aeronave envolvem a melhoria de sua confiabilidade, por meio de boletins de serviço, e um projeto de certificação com um bom nível de redundância e confiabilidade de seus sistemas, os quais diminuem os atrasos e os cancelamentos durante a operação da aeronave, gerando maior receita.

O escalonamento das tarefas deve ser utilizado de forma a buscar um ótimo intervalo de manutenção, o qual se caracteriza pelo menor índice de paradas não programadas, gerando, dessa forma, maior período de utilização da aeronave. Outro fator para diminuição do custo de manutenção é a utilização de frota homogênea, ou seja, de apenas um fabricante, para a gestão de operações e de custos, tendo em vista as reduções dos encargos com procedimentos de pessoal, estoque de peças e treinamento de equipes de voo. A idade da frota também deve ser considerada, pois, quanto mais antiga, maior será o custo com manutenção e consumo de combustível (DIEHL, MIOTTO; SOUZA, 2010).

REFERÊNCIAS

- ATR. **Direct maintenance costs: understanding ATR DMC analysis.** Toulouse, França: ATR, 2013.
- BABASHAMSI, P.; IZZI, Y. N.; HALIL, C.; NOR, G.; HASHEM, S. J. Evaluation of pavement life cycle cost analysis. In: **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 9, p. 241-254, 2016.
- BLANCHARD, B. The Impact of Integrated Logistic Support on the Total Cost-Effectiveness of a System. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Cost Management**, v. 5, n. 21, p. 23-26, 1991.

- CHRISTER, A. H.; WALLER, W. M. An operational research approach to planned maintenance: modelling P.M. for a Vehicle Fleet. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 35, n. 11, p. 967-984, 1994.
- DIEHL, C. A; MIOTTO, G. R; SOUZA, M. A. Análise da tecnologia das aeronaves como determinante de custos no setor de aviação comercial brasileiro. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios - RBGN**, São Paulo, v. 12, n. 35, p. 191-207, 2010.
- EMBRAER. **Police and procedures handbook**. rev. 8. São José dos Campos, SP: Embraer, 2017.
- GORDON, E. J. H. **Records life cycle: a cradle-to-grave metaphor**. rim fundamentals. Overland Park, KS: ARMA International, Information Management, 2011. Disponível em: <http://content.arma.org/IMM/Libraries/Sept-Oct_2011_PDFs/IMM_0911_RIM_fundamentals_records_life_cycle.sflb.ashx>. Acesso em: 10 out. 2017.
- SMIT, K. **Maintenance engineering and management**. Delft, The Netherlands: Delft Academic Press, 2014. 470 p.
- SUWONDO, E. **Life cycle costing in aircraft maintenance: life cycle cost models development and implementation**. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Muller, 2008.
- TODOR, R. D.; HORNET, M.; IORDAN, N. Implementing the Life Cycle Cost Analysis in a Building Design. **Trans. Tech. Publications**, Switzerland, v. 21, p. 581-586, 2016.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC Ed., 1998. 410 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. IS 145.109-001:Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de_pessoal/2009/19s/is-145-109-001a>. Acesso em : 5 dez. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC 43:Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-043-emd-01/@@display-file/arquivo_norma/RBAC43EMD01.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC 21:Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-21-emd-03>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

....

Emergências médicas em voo: um estudo de caso na Azul Linhas Aéreas Brasileiras

Lucas dos Santos Boneli¹, Guido César Carim Júnior², Michele dos Santos Gomes da Rosa³, Marlise Araújo dos Santos⁴, Nathan Lando Nunes⁵

1 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

2 Griffith University

3 Universidade de Lisboa

4 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

5 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RESUMO: Introdução: Diante do aumento do número de passageiros transportados por via aérea e consequente aumento do número de ocorrências médicas a bordo, buscou-se estabelecer o perfil epidemiológico dos passageiros da Azul Linhas Aéreas Brasileiras e comparar com estudos conduzidos em empresas aéreas estrangeiras. Paralelamente avaliou-se a efetividade do uso de um sistema de auxílio médico remoto utilizado pela companhia. **Metodologia:** A partir de reportes realizados pelos tripulantes da empresa, realizou-se um estudo descritivo, de corte transversal, acerca dos passageiros que receberam atendimento médico a bordo das aeronaves da companhia durante o ano de 2016. **Resultados:** Foram analisados um total de 561 reportes, sendo 56% para mulheres e 36% para homens; em 8% dos relatos não foi possível identificar o gênero. A faixa etária fisiológica mais atendida foi de 31 a 45 anos (24%), principalmente aos sábados e às quintas-feiras durante a madrugada. Em relação ao atendimento, a queixa mais reportada foi mal-estar (26%), o evento médico recorrente foi êmese (37%) e o sintoma mais presente no passageiro foi náusea (36%). Em 5% dos atendimentos, os pilotos alternaram, principalmente devido a eventos de ataque epiléptico/convulsão. **Conclusão:** O perfil epidemiológico obtido nesta pesquisa divergiu ligeiramente do perfil encontrado na revisão bibliográfica, possivelmente em virtude do público atendido pela companhia. Além disso, o uso do serviço de atendimento médico remoto não mostrou-se eficiente nesses reportes analisados.

Palavras Chave: Perfil epidemiológico. Emergências médicas. Atendimento médico a bordo. Aviação. Telemedicina.

Inflight medical emergencies: a case study in Azul Linhas Aéreas Brasileiras

ABSTRACT: Introduction: Considering the growth of passengers travelling by air and the consequent increase in the number medical events onboard. It was sought to establish the epidemiological profile of passengers from *Azul Linhas Aéreas Brasileiras* and compare it with studies conducted in foreign airlines. At the same time, the use of a system of remote medical care used by the company was evaluated. **Methodology:** Based on safety reports filled by the cabin crew of, a cross sectional descriptive study was carried out on onboard medical assistance during the year of 2016. **Results:** A total number of 561 reports were analysed, being 56% for women and 36% men; in 8% of the reports it was not possible to identify the gender. The physiological age group that received attention most was from 31 to 45 years (24%), mainly on Saturdays, Fridays and in the dawn. The most reported complaint was malaise (26%), the most recurring medical event was vomiting (37%) and the most present symptom was nausea (36%). In 5% of the events the pilots had to divert, mainly due to seizure. **Conclusion:** The epidemiological profile obtained in this research slightly diverged from the profile found in the literature review, possibly due to the public attended by the company in specific. Besides that, the use of the service of remote medical care was not efficient in these analysed reports.

Key words: Epidemiological profile. Medical emergencies. Medical care onboard. Aviation. Telemedicine.

Citação: Boneli, LS, Júnior, GCC, Rosa, MSG, Santos, MA, Nunes, NL. (2018) Emergências médicas em voo: um estudo de caso na Azul Linhas Aéreas Brasileiras. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 46-58.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do transporte de pessoas por via aérea, a preocupação com ocorrências médicas em voo é uma constante devido a nocividade do ambiente de voo para o ser humano. O surgimento dos comissários, por exemplo, está diretamente ligado a essa preocupação, fato é que os primeiros tripulantes não técnicos eram enfermeiros (Fay e Oliveira, 2010). A evolução das aeronaves é outro aspecto a ser considerado. Com o advento da tecnologia, os aviões passaram a ser pressurizados, o que permitiu o voo em altas altitudes. Contudo, o ambiente de cabine permanece sendo inóspito ao ser humano e pode vir a afetar a saúde dos passageiros, seja pelo ar com baixa umidade ou pela redução da pressão de oxigênio dentro da cabine (Donner, 2017).

Atualmente, com as facilidades de compra de passagens nas companhias aéreas, viajar de avião deixou de ser uma atividade elitista e passou a se tornar um meio de transporte viável inclusive ao público de baixa renda (Fleury, 2010). Essa mudança é perceptível cada vez mais nos anuários de transporte aéreo, onde é possível destacar o crescimento contínuo na demanda por passagens aéreas a cada ano (ICAO, 2016). Os passageiros aéreos variam de jovens adultos viajando a trabalho até idosos viajando a lazer. Pelo senso comum, é nestes últimos em que a preocupação com emergências médicas se faz mais presente, uma vez que nesse tipo de passageiro pressupõe-se a existência prévia de um quadro clínico desfavorável e consequente pior adaptação a um ambiente estressor (Ruskin *et al.*, 2008).

O aumento no número de passageiros tende a aumentar o número de ocorrências médicas em voo (Santos *et al.*, 2013; Hinkelbein *et al.*, 2013). Todavia, é inviável para as companhias colocarem profissionais da área médica entre a tripulação e, além disso, não é rotineiro a presença de médicos entre os passageiros. É diante dessas limitações que a telemedicina cada vez mais ganha seu espaço na aviação, a partir de atendimentos médicos por via remota. Como por exemplo, o *Medlink*, um serviço prestado pela empresa *MedAire*, o qual é encontrado em muitas empresas aéreas do mundo todo e também no Brasil, mais especificamente na Azul Linhas Aéreas Brasileiras (Azul, 2015).

Em vista disso, estudos acerca de emergências médicas e o perfil dos passageiros atendidos vêm sendo conduzidos em algumas empresas aéreas bem como em centros de atendimento médico remoto, como por exemplo a pesquisa de Peterson *et al.* (2013) conduzida dentro de um centro médico nos Estados Unidos o qual atende voos comerciais. Contudo, não foram encontrados registros de estudos similares em empresas brasileiras. Assim, com base nos estudos realizados no exterior, houve questionamentos se o perfil apresentado pelos mesmos coincide com o perfil de passageiro das companhias brasileiras.

Diante do cenário apresentado, faz-se necessário um estudo aplicado a aviação brasileira acerca de emergências médicas em voo e o perfil epidemiológico dos passageiros. Posto isso, três hipóteses foram testadas nesse estudo: (1) o aumento no número de emergências médicas está diretamente ligado ao aumento no número de idosos viajando por via aérea; (2) o tipo de emergência médica mais comum está relacionada à problemas gastrointestinais; (3) o uso da telemedicina é o melhor meio de lidar com contingências médicas a bordo de aeronaves comerciais.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o perfil epidemiológico de passageiro mais comumente atendido em uma emergência médica a bordo de uma aeronave comercial brasileira através de relatórios médicos da Azul Linhas Aéreas Brasileiras, bem como avaliar a efetividade do serviço de atendimento médico remoto utilizado pela empresa. Além disso, este estudo comparou os resultados obtidos com o perfil epidemiológico dos estudos revisados para este artigo.

Diante dessa demanda, o presente trabalho foi desenvolvido em parceria com a Azul Linhas Aéreas Brasileiras com o objetivo de avaliar os atendimentos médicos prestados em voos da companhia. A escolha por essa empresa partiu devido a um acordo de cooperação técnico científico celebrado entre as instituições com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de pesquisas científicas. Adicionalmente, a empresa possui um serviço de atendimento médico remoto, o qual desde o início despertou o interesse deste pesquisador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o passar dos anos, o número de passageiros transportados pelo setor aéreo aumentou consideravelmente e, conseqüentemente, o número de emergências médicas (Santos *et al.*, 2013; Hinkelbein *et al.*, 2013). Segundo Peterson *et al.* (2013), cerca de 3 bilhões de passageiros são transportados anualmente e estima-se que ocorram 44 mil emergências médicas nesse mesmo período ao redor do mundo.

As implicações de uma emergência médica variam de acordo com o grau de severidade, podendo necessitar apenas de um acompanhamento especial por parte da tripulação até uma medida mais drástica, como o pouso em um aeroporto de alternativa. Segundo Donner (2017), esse último recurso implica uma série de problemas de logística para a companhia como, por exemplo, pousar em locais não previstos e que não possuem disponibilidade de abastecimento ou o comprimento de pista do aeroporto não ser suficiente para a aeronave pousar, ou ainda ter que acomodar os passageiros e os tripulantes em um outro voo ou em um hotel.

Uma revisão sistemática da literatura conduzida por Hinkelbein *et al.* (2013) mostrou que entre 1970 e 2012, foram publicados cerca de 207 estudos referentes a emergências médicas em voos comerciais. Os autores estimam que, de todos eles, houve uma emergência médica a cada 10.000 a 40.000 passageiros transportados. Dessa análise, os autores concluíram que síncope foi a emergência médica mais reportada (53,5%), seguida de desordem gastrointestinal (8,9%) e condições cardíacas (4,9%). Já problemas cardíacos foram o maior causador de desvios de voos, enquanto doenças infecciosas e problemas neurológicos foram os problemas menos reportados.

Um estudo conduzido na Air Canada por Valani, Cornacchia e Kube (2010), mostrou que os tipos de emergências médicas que mais resultaram em pousos em aeroportos intermediários foram problemas cardíacos (26,4%), neurológicos (19,5%), gastrointestinais (11,4%) e síncope (10%). Um outro estudo, conduzido por Peterson *et al.* (2013) em um centro de atendimento médico remoto localizado nos Estados Unidos o qual atende 5 companhias aéreas, sinalizou que das 11.920 chamadas de emergência recebidas pelo centro em um período de 2 anos, os problemas mais comuns foram 37,4% referentes a síncope ou pré-síncope, 12,1% referentes a problemas respiratórios, 9,5% referentes a náusea ou vômito e 7,7% referentes a problemas cardíacos. Em 7,3% das chamadas os pilotos tiveram que alternar, e em apenas 0,3% dos casos o passageiro veio a óbito. As idades atendidas variaram de 14 dias a 100 anos e a maior incidência foi na faixa de 27 a 69 anos. Apesar desses dados reveladores, o estudo não definiu a incidência entre homens e mulheres.

Um outro estudo conduzido por Mahony *et al.* (2011) em uma companhia aérea da Oceania mostrou que em 11.326 incidentes médicos ocorridos no período de 9 anos, 44,5% foram relacionados a síncope, 19,5% relacionados a náusea, diarreia ou vômito, 15,9% relacionados a problemas respiratórios e 5% relacionado a dores em geral. Outros sintomas tiveram uma incidência notoriamente inferior e em 0,12% dos casos os pilotos alternaram devido à situação. Um estudo similar conduzido

por Costa (2015 *apud* Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau, 2018) mostrou resultados similares, sendo 46% dos incidentes referentes a síncope, 16% referentes a náusea e 8,7% referentes a problemas respiratórios.

Graf, Stüben e Pump (2012) registraram as emergências médicas na Lufthansa entre 2010 e 2011. A idade média dos passageiros atendidos ficou na faixa de 55 e 65 anos e entre os procedimentos mais empregados pela tripulação conjuntamente com médicos voluntários incluem a medição da pressão arterial (76%), aplicação de medicamento (54%), aplicação de oxigênio (48%) e uso de desfibrilador (*Automated External Defibrillator-AED*; 6%). Um estudo paralelo conduzido pela companhia mostrou que em 20.000 eventos médicos documentados entre 2000 e 2011, 43% foram relacionados a condições cardiovasculares e neurológicas, 34% relacionados a condições gastrointestinais e 12% referentes a acidentes, como queda de malas do compartimento de bagagem, queimaduras por líquidos quentes, entre outros.

O trabalho publicado por Kesapli *et al.* (2015), por outro lado, analisou as emergência médicas a bordo de uma empresa que realiza voos *charters* na Europa e Ásia. Nessa pesquisa foram computados 1.312 ocorrências no período de 2011 a 2013, e o perfil epidemiológico resultante foi de um passageiro mulher (53,2%) de idade média igual a 45 anos. As emergências mais frequentes foram queimaduras (16,8%), falta de ar (11,1%), hipertensão (6,3%) e cansaço (23,7%); 22 voos (1,6%) foram desviados e houve 13 mortes registradas (1,0%) das quais 9 foram classificadas como morte súbita, no qual a idade média foi de 77 anos. Com relação ao atendimento médico prestado, o uso de oxigênio terapêutico, o fornecimento de analgésicos e anti-hipertensivos foram os mais reportados.

Hinkelbein *et al.* (2017) desenvolveu um estudo sob a perspectiva do médico a bordo que, na condição de passageiro, acaba por prestar atendimento ao ser solicitado pela tripulação. Usando como referência 121 médicos da *German Aerospace Medical Society*, ele determinou que problemas cardiovasculares (40%) e problemas neurológicos (17,8%) foram os problemas mais atendidos por esses médicos. Além disso, de todos os incidentes (54 no total) no qual esses médicos estavam presentes, em 10,6% deles a aeronave teve de ser desviada. Os pacientes atendidos foram 46,3% homens e 40,7% mulheres e a faixa de idade ficou entre 15 e 54 anos.

Os resultados dos estudos levantados na revisão da literatura estão sumarizados na tabela 1.

Tabela 1 - Artigos sobre emergências médicas em voos comerciais. (Fonte: autor, 2018).

Estudo	Tam. Amostra	Período	Local do Estudo		Emergência Médica mais Frequente (%)				Óbitos (%)	Voos Altern. (%)
			Reg.	Org.	Sist. Cardio.	Sist. Respirat.	Síncope (evento)	Náusea (sintoma)		
Mahony <i>et al.</i> (2011)	11.326	9 anos	Oceania	Cia aérea	----	15,9	44,5	19,5	----	0,12
Peterson <i>et al.</i> (2013)	11.920	3 anos	Global	Centro médico (telemedicina)	7,7	12,1	37,4	9,5	0,3	7,3
Costa (2015) <i>apud</i> Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau (2018)	69	----	----	----	2,9	8,7	46,4	15,9	-----	-----
Valani <i>et al.</i> (2010)	220 *apenas alternados	5 anos	América do Norte	Cia aérea	26,4	5,9	10,0	-----	-----	100
Graf <i>et al.</i> (2012)	20.000	11 anos	Europa	Cia aérea	43,0	11,0	----	34,0	-----	-----
Hinkelbein <i>et al.</i> (2017)	54	8 anos	Europa	DGLRM	40,0	11,1	24,4	-----	-----	10,6
Kesapli <i>et al.</i> (2015)	1.312	3 anos	Europa - Ásia	Cia aérea	0,8	11,1	4,8	5,6	1,0	1,6

A partir dos trabalhos analisados é possível inferir que em voos comerciais, síncope ou pré-síncope foi a emergência médica mais reportada nesses estudos seguida por problemas cardiovasculares e respiratórios. A incidência de voos alternados foi baixa, em geral inferior a 10%, e as ocorrências associadas a esses desvios foram em sua maior parte devido a ataque cardíaco ou angina, acidente vascular cerebral (AVC), ataque epiléptico, gastroenterite e falta de ar.

A revisão da literatura também identificou estudos conduzidos nacionalmente. No entanto, todos eles objetivaram analisar o perfil do paciente atendido pelo serviço de transporte aeromédico. Pelo fato desses estudos apresentarem variáveis que podem refletir melhor a população brasileira, ainda que limitada aos pacientes que utilizam o serviço, acreditamos ser relevante incluí-los e, sendo assim, os apresentamos no tópico a seguir.

2.1 TRANSPORTE AEROMÉDICO

Nacionalmente, os únicos estudos disponíveis objetivaram definir o perfil epidemiológicos dos pacientes que utilizam o transporte aeromédico, conforme apresentado na tabela 2. Assim, tais estudos foram utilizados apenas com o propósito de estabelecer categorias analíticas para este trabalho. Um estudo conduzido no estado do Piauí por Lacerda, Araújo e Neta (2017) mostrou o perfil epidemiológico de pacientes em 97 ocorrências atendidas pelo serviço pré-hospitalar aéreo do estado no ano de 2015. Dos pacientes, 68% eram homens e 32% mulheres, a faixa etária mais atendida foi de 1 a 20 anos. Dentre os principais motivos do atendimento estão trauma cranioencefálico (29%), AVC (18%) e cardiopatias (5%).

Um estudo similar ao de Lacerda e seus colegas foi conduzido por Maia (2015), tendo como base de dados o serviço aeromédico do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. O período analisado foi de 2009 a 2014, resultando em 1.796 atendimentos. Os meses de maior ocorrência foram julho e março, cerca de 10%, no período diurno (65%), nas sextas (19,5%), sábados (17%) e domingos (17,4%). A predominância foi do gênero masculino (72,6%) em detrimento do feminino (27,4%), sendo a faixa etária de 21 a 30 anos mais presente. O diagnóstico mais presente foi de trauma cranioencefálico (24%) e parada cardiorrespiratória (8%).

Tabela 2 - Artigos sobre serviços de socorro aeromédico. (Fonte: autor, 2018).

Autor	Nº de Eventos Analisados	Período	Tipo de Emergência Médica mais Frequente (%)			
			Trauma Cranioencefálico	Queda	AVC	Parada Cardiorrespiratória
Lacerda <i>et al.</i> (2017)	97	1 ano	29,1	-----	18,5	3,1
Maia (2015)	1.796	5 anos	24,0	6,5	-----	8,0

2.2 SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÉDICO REMOTO

Com o advento da telemedicina e o crescimento no número de ocorrências médicas em voo, algumas empresas começaram a oferecer serviços de atendimento e monitoramento médico remoto a aeronaves em voo, sendo a empresa *MedAire* a pioneira e mais renomada do ramo.

De acordo com a criadora da *MedAire*, a enfermeira Joan Sullivan Garrett, a empresa surgiu em 1987 com o intuito de assistir clientes que passassem por uma emergência médica em áreas remotas, o que inclui ar, água ou mesmo em terra. O primeiro serviço oferecido foi um treinamento específico para pilotos, evoluindo posteriormente para um treinamento de equipe, fornecimento de kit de primeiros socorros e o serviço de assistência remota, o *Medlink* (Jeziński, 1998). Atualmente a empresa possui escritórios nas Américas do Norte e Sul, Europa e Ásia, além de uma rede com mais de 5.000 aeroportos cadastrados com capacidade para resposta médica emergencial e parceria com mais de 74 companhias aéreas (Garrett e Alves, 2008).

Conforme frisado por Santos *et al.* (2013), a famosa pergunta, - “há algum médico ou enfermeiro a bordo?” Nem sempre é a melhor solução em virtude de uma possível não familiarização do profissional com as características do ambiente físico a bordo ou até mesmo por uma fadiga preexistente. Com isso, o uso de ferramentas da telemedicina para auxílio no atendimento de passageiros enfermos torna-se um grande aliado das empresas aéreas, tanto pela eficiência quanto pela relação custo-benefício, uma vez que o uso de telemedicina na aviação torna desnecessária a presença de um médico passageiro ou um médico da empresa a bordo (Garrett e Alves, 2008).

Sob essa ótica, grandes empresas aéreas já utilizam esse tipo de serviço em suas operações, sobretudo através da *MedAire*. A Emirates, por exemplo, além de possuir a assistência do MedLink, também conta com o sistema *Tempus IC*, o qual permite o envio dos sinais vitais do paciente em tempo real para os médicos de plantão do *MedLink*, facilitando ainda mais o atendimento ao passageiro e o gerenciamento da emergência (Hassan, 2014).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser caracterizado como um estudo descritivo, de corte transversal, conduzido com passageiros que receberam atendimento médico a bordo das aeronaves da Azul Linhas Aéreas Brasileiras em 2016. A empresa foi fundada no ano de 2008 e atualmente consolida-se como a terceira maior no mercado aéreo brasileiro, transportando cerca de 22 milhões de passageiros por ano (Azul, 2018), tendo como foco voos domésticos de curta duração.

Ao todo, o presente trabalho foi desenvolvido durante aproximadamente 2 anos, tendo iniciado em julho de 2016 e terminado em dezembro de 2018, ainda que os dados analisados se referiram ao ano de 2016 apenas. Vale ressaltar que a parte inicial do projeto envolveu uma autorização da companhia, a qual mostrou-se pioneira no país.

3.1 FONTE DE DADOS

Os dados obtidos provêm de uma fonte secundária e contêm a narrativa dos tripulantes acerca de cada evento médico ocorrido a bordo. Esses reportes são armazenados e gerenciados pelo sistema *Aviation Quality Database* (AQD), cujo objetivo é gerenciar os relatos de ocorrências e perigos enviados pelos funcionários e contratados da empresa. A combinação de palavras utilizada foi “emergencias&medicas&abordo” e considerou-se apenas os relatos realizados pelos comissários de bordo, já que são eles os responsáveis por relatar todas as ocorrências médicas. A consulta somente considerou os eventos com data de 1º de janeiro a 31 dezembro de 2016, independente de quando ele foi efetivamente reportado. Ainda, não foi feita distinção entre voos domésticos e internacionais, tipos de modelos de aeronave ou período do dia. A consulta resultou em 561 reportes, todos de 2016, cujo estrutura é exemplificada através da figura 1.

Flight	Cabin Class	Incident Type	Description	Aircraft
OS7-16	CAB	Undesirable	(CABIN) MEDICAL INCIDENT	PR-AXB Embraer 195
OS9-16	CAB	Undesirable	(CABIN) MEDICAL INCIDENT	PR-AZB Embraer 190
OS8-16	CAB	Undesirable	(CABIN) MEDICAL INCIDENT	

Figura 1 - Exemplo de reporte realizado pelo tripulante e armazenado no AQD. (Fonte: autor, 2018).

Conforme pode ser observado na figura 1, a maior parte dos dados foi retirada diretamente da narrativa, a qual está baseada na percepção do tripulante. Assim, muitos reportes não continham todas as informações relevantes, dificultando a categorização dos dados. Por exemplo, a idade do passageiro não foi relatada em 73% das narrativas, dado esse importante para a criação do perfil epidemiológico. A porcentagem de dados faltantes para cada variável empregada no estudo pode ser observada na tabela 3.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi estruturada de acordo com o proposto por Gil (2008) e dividiu-se em: (a) estabelecimento de categorias, (b) codificação, (c) tabulação, (d) análise estatística (descritiva) dos dados, (e) avaliação das generalizações obtidas com os dados, (f) inferência de relações causais e (g) interpretação dos dados.

As categorias analíticas (Gil, 2008) foram definidas a partir da revisão literatura e que serviram para comparações. As categorias analíticas que emergiram da revisão bibliográfica foram: (a) dia da semana, (b) turno do dia, (c) gênero, (d) idade, (e) presença de médico a bordo, (f) evento médico, (g) sintoma, (h) uso do *MedLink*, (i) kit médico, (j) procedimento tomado, (k) necessidade de alternar.

No entanto, o processo de codificação também permitiu flexibilidade ao pesquisador para definir as categorias empíricas (emergentes). Essas variáveis surgiram da necessidade de explicar parte dos dados não cobertos pelas variáveis analíticas. Além das 11 categorias analíticas, o processo de codificação resultou em mais 7 variáveis empíricas. Todas as categorias consideradas no estudo podem ser visualizadas na tabela 3.

Tabela 3 - Categorias analisadas no estudo. (Fonte: autor, 2018).

Natureza da Categoria	Categoria	Referência	Motivo	Dados Faltantes
Analítica	Dia da semana	Maia (2015).	Determinar os dias mais propícios a ocorrerem eventos médicos a bordo.	0%
	Turno do dia	Maia (2015).	Madrugada (00h – 06h), manhã (06h - 12h), tarde (12h – 18h) ou noite (18h-00h).	0%
	Gênero	Kesapli <i>et al.</i> (2015); Hinkelbein <i>et al.</i> (2017); Lacerda <i>et al.</i> (2017); Maia (2015).	Masculino e Feminino.	8%
	Idade	Peterson <i>et al.</i> (2013); Graf <i>et al.</i> (2012); Kesapli <i>et al.</i> (2015); Hinkelbein <i>et al.</i> (2017); Lacerda <i>et al.</i> (2017); Maia (2015).	Faixa etária fisiológica dos pacientes atendidos.	73%
	Presença de médico a bordo	Hinkelbein <i>et al.</i> (2017).	Presença médicos voluntários entre os passageiros.	9%
	Evento médico	Hinkelbein <i>et al.</i> (2013); Peterson <i>et al.</i> (2013); Mahony <i>et al.</i> (2011).	Situação ocorrida, e.g. êmese.	52%
	Sintoma	Peterson <i>et al.</i> (2013); Mahony <i>et al.</i> (2011).	Relato do passageiro, e.g. náusea.	56%
	Uso do Medlink	Peterson <i>et al.</i> (2013).	Contato da tripulação efetivo ou não com o centro médico.	36%
	Kit médico	Graf <i>et al.</i> (2012).	Materiais do kit médico que são mais utilizados nos atendimentos.	14%
	Procedimento tomado	Graf <i>et al.</i> (2012); Kesapli <i>et al.</i> (2015).	Ação da tripulação e, se presente, médico voluntário para com o paciente.	25%
	Necessidade de alternar	Mahony <i>et al.</i> (2011); Peterson <i>et al.</i> (2013); Valani <i>et al.</i> (2010); Hinkelbein <i>et al.</i> (2017); Kesapli <i>et al.</i> (2015).	Eventos médicos que levaram os pilotos a pousar em um aeródromo intermediário.	3%
Empírica	Administração de medicamento	-----	Medicamentos que foram administrados no passageiro.	13%
	Rota	-----	Rota de voo da aeronave.	77%
	Fase do voo	-----	Solo, subida, cruzeiro ou descida.	31%
	Ingestão de medicamentos prévio	-----	Ingestão de medicamento pelo passageiro antes do voo.	73%
	História Médica Pregressa	-----	Histórico de doença do passageiro.	76%
	Queixa principal	-----	Relato do passageiro, e.g. mal-estar.	38%
	Condição do passageiro antes do embarque	-----	Estado físico/mental do passageiro antes do embarque.	56%

Durante o processo de codificação foi necessário realizar uma análise de consistência dos códigos. Nesta fase, procurou-se manter a padronização dos valores de cada categoria para facilitar a análise estatística dos dados. O resultado do processo de codificação e análise de consistência está apresentado na figura 2.

Ainda durante essa fase vale ressaltar que, em relação a idade, optou-se por utilizar a divisão por faixa etária fisiológica (0-1, 2-12, 13-20, etc.) em detrimento de outras. Ainda que outros estudos revisados não tenham feito a mesma classificação, constatou-se que a faixa etária fisiológica é mais coerente em virtude de as características fisiológicas do corpo humano serem específicas em cada fase da vida.

A análise estatística (descritiva) ocorreu por meio da plataforma *Tableau*®, que auxiliou a transformação dos dados tabulados em gráficos e tabelas. Ao utilizar essa plataforma foi possível representar cada variável visualmente, além de possíveis relacionamentos entre elas. É importante salientar que não foi empregado nenhuma técnica estatística inferencial na análise da correlação entre as variáveis.

Dia da semana	Tempo do dia (UTC)	Partida	Destino	Rota	PAU/OR	Faixa de Idade	Sexo	Idade	Estava fazendo tratam	Tipo de tratamento
Sábado	Madrugada	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Feminino	44	None	None
Sábado	Madrugada	None	None	None	PAJ	None	Masculino	None	None	None
Sábado	Madrugada	None	None	None	PAJ	None	Feminino	None	None	None
Sábado	Madrugada	None	None	None	PAJ	None	Feminino	None	None	None
Domingo	None	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Masculino	None	None	None
Segunda-feira	Madrugada	NAT	CHF	NAT - CHF	PAJ	Cruzeiro	Feminino	25	None	None
Segunda-feira	Madrugada	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Masculino	None	None	None
Segunda-feira	Madrugada	None	None	None	PAJ	Descota	Masculino	None	None	None
Segunda-feira	Manhã	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Masculino	37	None	None
Segunda-feira	Tarde	None	CWB	XXX - CWB	PAJ	Cruzeiro	Feminino	75	None	None
Terça-feira	Manhã	VCP	RDD	VCP - RDD	PAJ	Solo	Masculino	None	None	None
Terça-feira	None	UDI	CHF	UDI - CHF	PAJ	Cruzeiro	Feminino	30	None	None
Terça-feira	None	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Feminino	3	None	None
Quarta-feira	None	IOS	VCP	IOS - VCP	PAJ	Descota	None	None	None	None
Quarta-feira	None	None	None	None	PAJ	Solida	Feminino	None	None	None
Quarta-feira	Madrugada	None	GRU	GRU	PAJ	Descota	Feminino	None	Sim	Câncer
Quarta-feira	Manhã	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Feminino	23	None	None
Sexta-feira	Manhã	CHF	UDI	CHF - UDI	PAJ	Solo	Feminino	None	None	None
Domingo	Manhã	None	None	None	PAJ	Cruzeiro	Masculino	1	None	None
Domingo	None	None	None	None	PAJ	Solo	Feminino	None	None	None
Terça-feira	Madrugada	None	None	None	PAJ	None	Masculino	None	None	None

Figura 2 - Categorização dos reportes via *Excel*. (Fonte: autor, 2018).

Uma vez que os gráficos foram gerados, deu-se prosseguimento a avaliação das generalizações obtidas com os dados, inferência de relações causais e interpretação dos dados. Nestas etapas, buscou-se explicar as razões para as distribuições da frequência de cada variável, justificar possíveis relações entre variáveis e comparar os resultados das 11 categorias analíticas obtidos junto na revisão bibliográfica, respectivamente.

4 RESULTADOS

A partir da análise dos reportes dos tripulantes pode-se perceber uma predominância no atendimento de mulheres sobre homens numa proporção de 3 para 2. A faixa etária fisiológica mais atendida foi de 31 a 45 anos (24%), seguido pela faixa etária de 2 a 12 anos (20%). Sábados e quintas-feiras foram os dias em que mais ocorreram ocorrências médicas (16% e 15%, respectivamente), principalmente no período da madrugada (48%). Com relação aos aeródromos envolvidos, Campinas e Confins foram os mais citados como sendo aeroportos de partida ou destino de um voo que teve uma emergência médica a bordo, conforme figura 3. Já a rota mais comum de haver ocorrências foi entre Salvador (SSA) e Campinas (VCP). Além disso, 59% das ocorrências foram registradas na fase de cruzeiro.

Em relação a ocorrência médica em si, a queixa principal mais recorrente nos atendimentos foi mal-estar (26%) seguida por cefaleia (23%) e tontura (16%), conforme a figura 4. Ao relacionar a queixa com faixa etária de idade, percebe-se mal-estar como sendo a mais reportada dentro da faixa etária de maior incidência (31 a 45 anos), sobretudo em voos que ocorreram as quintas-feiras. Por outro lado, tontura foi a mais reportada na faixa etária de 21 a 30 anos, principalmente nas terças-feiras.



Figura 3 - Aeródromos envolvidos. (Fonte: autor, 2018).

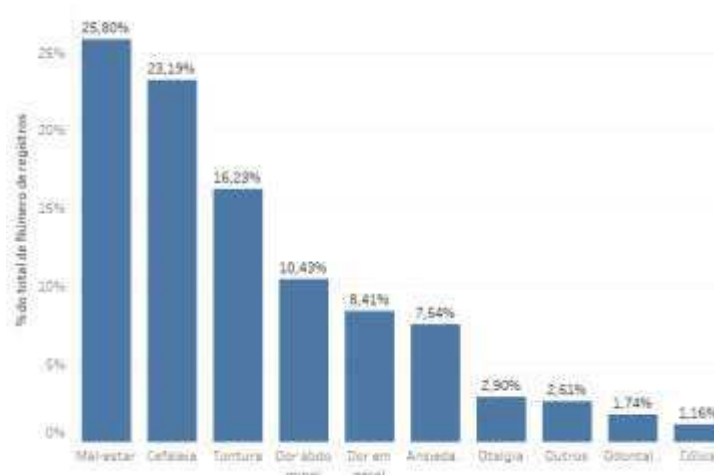


Figura 4 - Queixa principal do passageiro que recebeu atendimento médico a bordo. (Fonte: autor 2018).

De maneira análoga, o sintoma mais presente nesses atendimentos em geral foi náusea (36%) e palidez (18%), seguido por dispneia ou taquipneia (16%). O evento médico mais reportado foi êmese (37%) seguido por síncope (19%) e dois óbitos foram reportados.

No gerenciamento das emergências médicas, a tripulação juntamente com médicos voluntários realizaram a aplicação de medicamentos no paciente em 57% dos casos. A classe de medicamento mais utilizada foi analgésico/antitérmico/anti-inflamatório (45%) seguido por antieméticos (31%), o que é condizente com os principais eventos médicos e queixas relatados. Contudo, analgésicos foram o único medicamento ministrado em todas as faixas etárias, e pode-se constatar que encontra-se na faixa etária de jovens adultos a maior incidência no uso de medicamentos antes do voo. Já a aplicação de Oxigênio terapêutico, o segundo procedimento médico mais comum, foi necessária em 11% dos atendimentos. Em relação a abertura do kit médico, em 42% foi para a retirada de medicamentos e em 37% para utilização do esfigmomanômetro, sendo este último mais utilizado em atendimentos nos finais de semana no período da madrugada e majoritariamente em mulheres. Cabe ainda ressaltar que em todos atendimentos envolvendo o uso do Desfibrilador Externo Automático (DEA), os pilotos optaram por alternar o voo.

Ao analisar os passageiros que já apresentavam um quadro clínico desfavorável antes do voo, observou-se uma predominância de casos relacionados a problema de pressão (22%), seguido por problemas no sistema endócrino (17%). Em relação a idade, quanto mais idoso maior foi a ocorrência de uma história médica progressiva. Além disso, a queixa principal mais registrada dentre os passageiros com problema de pressão e cardiopatas foi mal-estar.

Dentre os 561 atendimentos registrados, em 25 casos os pilotos foram obrigados a alternar devido à condição médica do passageiro, sendo o aeroporto Dep. Luís Eduardo Magalhães em Salvador, o mais procurado como alternativa. Esses voos alternados ocorreram principalmente nas quartas-feiras e nos domingos, e foram relacionados em sua maior parte a passageiros com crise epiléptica/convulsão (29%) e vítimas de síncope (23%). Todavia, em 66% dos casos de crise epiléptica/convulsão e em 92% dos casos de síncope, não foi necessário que os pilotos desviassem da sua rota original. Vale ressaltar que em todos os voos que alternaram, o passageiro fez uso de alguma medicação antes do embarque.



Figura 5 - Aeroportos utilizados como alternativa. (Fonte: autor, 2018).

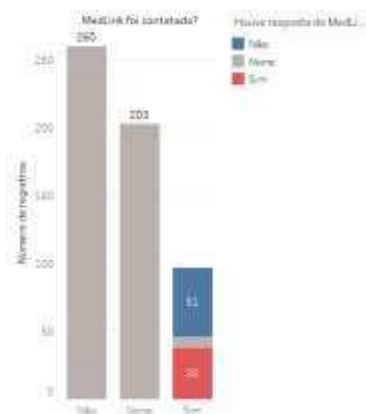


Figura 6 - Tentativa de contato com o *Medlink* x chamadas efetuadas. (Fonte: autor, 2018).

Com relação ao serviço de atendimento médico remoto utilizado pela companhia, o *Medlink*, foram registrados 97 casos em que o serviço foi contatado, mas apenas em 38 casos (39%) esse contato mostrou-se efetivo, isto é, a tripulação de fato conseguiu contato com os médicos em solo. Em relação a idade, o serviço foi majoritariamente utilizado para adultos (31 a 45 anos), em sua maior parte relacionados a eventos de êmese, síncope e pirexia. Cabe ressaltar que em 10 casos (12%), o sistema remoto foi o único auxílio médico disponível devido a falta de médicos a bordo. Todavia em outros 11 casos (13%) em que não havia profissionais da saúde a bordo, o *Medlink* também não funcionou. Em um desses casos, os pilotos necessitaram alternar para o aeródromo mais próximo.

5 DISCUSSÃO

Os dados obtidos através dessa pesquisa foram comparados a outros 7 trabalhos conduzidos em companhias e organizações estrangeiras. Cabe destacar que o número de eventos analisados nesta pesquisa é relativamente inferior ao número de eventos dos estudos levantados, como por exemplo, na revisão conduzida por Mahony *et al.* (2011). Neste estudo foram analisados cerca de 11 mil eventos. Além disso, nos estudos de Valani, Cornacchia e Kube (2010), Graf *et al.* (2012), Mahony *et al.* (2011) e Kesapli *et al.* (2015), o foco também foi em uma única empresa aérea, assemelhando-se a este trabalho, embora a amostra analisada por estes tenha sido demasiadamente superior, 220 (apenas voos alternados), 20.000, 11.326 e 1.312 casos, respectivamente.

Em relação ao gênero e idade dos passageiros, esta pesquisa mostrou dados parcialmente distintos em relação aos demais estudos. Enquanto nos estudos de Valani, Cornacchia e Kube (2010), Graf, Stüben e Pump (2012), Kesapli *et al.* (2015) e de Hinkelbein *et al.* (2017) houve uma predominância de jovens adultos e idosos, nossos resultados, por outro lado, mostraram que a faixa etária de crianças (2 a 12 anos) e jovens adultos (31 a 45 anos) foram as que mais se destacaram. Uma possível explicação seria a natureza do voo e o volume de passageiros transportados. Em voos domésticos, a presença de idosos é inferior em comparação com voos internacionais e, o maior contingente de voos da companhia ocorre dentro do país. Segundo o Anuário do Transporte Aéreo (ANAC, 2016), a companhia transportou em 2016 cerca de 19 milhões de passageiros no mercado doméstico e cerca de 480 mil no mercado internacional, uma proporção de aproximadamente 40 passageiros domésticos para 1 passageiro internacional.

A grande incidência de crianças nessas ocorrências médicas é um outro fator a ser considerado. A faixa etária de 2 a 12 anos esteve presente em 20% dos casos, sobretudo em eventos relacionados a êmese. Segundo Polli e Polli (2015), crianças são as mais suscetíveis a casos de cinetose durante viagens, fato esse que explica a concentração dos eventos de êmese nessa faixa etária. Todavia, segundo relatos colhidos nos atendimentos, faltam medicamentos destinados a crianças no *kit* médico das aeronaves, uma vez que esse tipo de fármaco não consta na lista de itens mandatórios elaborado pelo órgão regulador.

A maior incidência no atendimento para mulheres aproxima-se dos resultados de Kesapli *et al.* (2015), conforme tabela 4. Neste estudo, os autores concluíram que em 53% das ocorrências médicas atendidas na empresa de voo charter em questão, envolveram pacientes do sexo feminino; enquanto que na Azul correspondeu a 56%.

Categoria	Estudo	% no Estudo	% nessa Pesquisa
Gênero (Feminino)	Kesapli <i>et al.</i> (2015)	53,2%	56%
	Hinkelbein <i>et al.</i> (2017)	40,7%	
Gênero (Masculino)	Hinkelbein <i>et al.</i> (2017)	46,3%	36%

Tabela 4 - Comparação da categoria gênero. (Fonte: autor, 2018).

Um dado importante encontrado foi um grande contingente de mulheres na faixa de 21 a 45 anos nesses atendimentos, o que pode ser explicado pela crescente inserção das mulheres no mercado de trabalho sobretudo no empreendedorismo, o qual

demanda viagens aéreas (Machado, 1999). Além disso, é comum nessa faixa etária o uso de pílulas anticoncepcionais. Segundo Lupião e Okazaki (2011) a utilização deste tipo de medicamento pode potencializar algumas doenças cardiovasculares como também causar náusea, cefaleia, entre outros sintomas. Tal fato corrobora os resultados desta pesquisa, uma vez que nos atendimentos de mulheres na faixa etária de 21 a 45 anos predominaram queixas de tontura e náusea, além de alguns eventos de êmese e síncope (tabela 5).

Idade fisiol..	Sexo	Queixa principal	
21-45	Feminino	Cefaleia	24,24%
		Tontura	21,21%
		Mal-estar	21,21%
		Dor em geral	18,18%
		Dor abdominal	6,06%
		Outros	6,06%
		Ansiedade/Nervosismo	3,03%

Idade fisiol..	Sexo	Evento médico	
21-45	Feminino	Êmese	36,84%
		Síncope	21,05%
		Angina/Arritmia	15,79%
		Cardíaco	10,53%
		Crise alérgica	5,26%
		Psicológico	5,26%
		Sist. Nervoso	5,26%

Tabela 5 - Ocorrências médicas relacionadas a mulheres de 21 a 45 anos. (Fonte: autor, 2018).

Ainda que síncope e náusea sejam identificados nesta pesquisa como emergências recorrentes, similar às pesquisas de Costa (2015, apud Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau, 2018) e Mahony et al. (2011), outras emergências médicas divergiram de alguns trabalhos levantados. Problemas cardíacos e respiratórios foram os eventos médicos mais citados nos estudos internacionais conduzidos por Graf et al. (2012) e Hinkelbein et al. (2017), no entanto foram os menos encontrados nos relatos analisados, conforme mostra a tabela 6.

Com relação aos voos alternados, a tabela 6 mostra que nesta pesquisa apenas 5% dos voos necessitaram pousar em um aeródromo alternativo devido a algum evento médico a bordo. Números similares foram encontrados por Peterson *et al.* (2013) e Hinkelbein *et al.* (2017), 7,3% e 10,6%, respectivamente. Já em relação a natureza do evento, enquanto neste trabalho as principais causas foram de natureza neurológica (29%) e devido à síncope (23%), Valani, Cornacchia e Kube (2010) identificaram problemas cardíacos como a mais prevalente causa de voos alternados (26%), ainda que problemas neurológicos também tenham sido identificados como a segunda maior causa (19%).

Categoria	Estudo	Resultado do Estudo (%)	Resultado nessa Pesquisa (%)
Evento médico (Síncope)	Mahony <i>et al.</i> (2011) Peterson <i>et al.</i> (2013) Costa (2015) apud Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau (2018) Hinkelbein <i>et al.</i> (2017)	44,5 37,4 46,4 24,4	19,0
Evento médico (Cardiovascular)	Costa (2015) apud Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau (2018) Hinkelbein <i>et al.</i> (2017) Graf <i>et al.</i> (2012)	40,0 43,0 2,9	4,0
Sintoma (Náusea)	Peterson <i>et al.</i> (2013) Mahony <i>et al.</i> (2011) Costa (2015) apud Sene, Kamsu-Foguem e Rumeau (2018) Graf <i>et al.</i> (2012)	9,5 19,5 15,9 34,0	36,0
Voos alternados	Hinkelbein <i>et al.</i> (2017) Valani, Cornacchia e Kube (2010) Peterson <i>et al.</i> (2013) Mahony <i>et al.</i> (2011)	10,6 100,0 7,3 0,12	5,0
Voos alternados (Neurológico)	Valani, Cornacchia e Kube (2010)	19	29
Voos alternados (Cardiovascular)	Valani, Cornacchia e Kube (2010)	26	11
Voos alternados (Síncope)	Valani, Cornacchia e Kube (2010)	10	23

Tabela 6 - Comparação dos relatos de síncope, náusea, evento médico e voos alternados. (Fonte: autor, 2018).

6 CONCLUSÃO

Emergências médicas em voo estão se tornando um tema de suma importância para as empresas aéreas, uma vez que, com o aumento da demanda pelo transporte aéreo, cresce também o número de ocorrências. Posto isso, companhias aéreas ao redor do mundo bem como centros médicos passaram a pesquisar a origem dessas emergências, traçando perfis epidemiológicos, afim de melhor preparar a tripulação para esse tipo de contingência.

A partir de uma revisão na literatura, o presente trabalho buscou estabelecer um perfil epidemiológico de passageiro brasileiro mais suscetível de passar por uma emergência médica com o intuito de comparar esse perfil com aqueles achados pela literatura. Para tanto, a companhia utilizada no estudo foi a Azul Linhas Aéreas Brasileiras, considerando unicamente suas operações no ano de 2016.

O perfil resultante foi de um passageiro mulher, na faixa etária de 31 a 45 anos, viajando em uma madrugada de sábado, sem histórico médico, apresentando como queixa principal mal-estar e, como resultado, êmese. Assim, conforme disposto, o perfil epidemiológico brasileiro distancia-se daquele encontrado na literatura estrangeira, possivelmente devido ao público atendido nesses voos.

Os resultados apresentados nessa pesquisa são um pouco distintos daqueles presentes na literatura, seja com relação ao perfil epidemiológico ou em relação à natureza das emergências médicas. Tal fato pode ter relação com a companhia aérea estudada, isto é, enquanto esta pesquisa teve como foco uma empresa aérea que opera majoritariamente voos domésticos de curta duração, os estudos utilizados na revisão da literatura que foram realizados em uma única empresa, utilizaram companhias que têm como foco voos internacionais de longa duração.

Um achado importante dessa pesquisa refere-se à relação entre a faixa etária predominante nos atendimentos e o serviço prestado a bordo. Constatou-se a falta de medicamentos no kit médico para administração em crianças, faixa etária essa que foi a segunda mais citada nos atendimentos. Tal fato reflete uma necessidade de revisão dos itens obrigatórios no kit médico das aeronaves comerciais a fim de cobrir possíveis emergências médicas específicas a esse público.

Todavia, o estudo apresentou algumas limitações. Os dados coletados partiram de um reporte narrativo dos tripulantes de modo que este selecionava o que era importante ou não colocar no reporte, dessa maneira informações relevantes não foram incluídas no relato. Os únicos campos obrigatórios no sistema de reporte são o dia, horário e tipo de aeronave. Sendo assim informações básicas como gênero e idade foram retiradas diretamente da narrativa, o que nem sempre estava presente. A idade, por exemplo, não foi definida em 73% dos reportes. Outra limitação deste estudo diz respeito à amostra analisada, a qual abrangeu apenas um ano de operação e consequentemente um número pequeno de reportes, um total de 561. Sugere-se, portanto, o estabelecimento de um banco de dados padronizado no qual as informações possam ser facilmente inseridas e consultadas posteriormente.

Em relação ao serviço de atendimento médico remoto utilizado pela empresa, o *Medlink*, foi-se constatado que o mesmo não tem sido tão utilizado na empresa pesquisada como esperado. Embora o serviço seja amplamente utilizado por grandes companhias aéreas ao redor do mundo, o mesmo não apresentou resultados positivos a partir dos atendimentos analisados, possivelmente devido a limitações de comunicação. Há relatos de tripulantes mencionando que a comunicação com o médico foi ruidosa e, por vezes, o contato com o centro médico não foi efetivado. Assim, sugere-se que meios alternativos de contato, tais como SATCOM e ACARS, sejam discutidos para garantir a eficiência no atendimento.

Diante das limitações apresentadas pela pesquisa, sugere-se a expansão deste estudo para as outras companhias aéreas do país além de ampliar o período coberto a fim de estabelecer um perfil epidemiológico de passageiro brasileiro independente da companhia aérea.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu orientador, autor 2, pela paciência e dedicação para com o meu aprendizado, mesmo estando do outro lado do mundo. Aos autores 3 e 4, as quais contribuíram efusivamente com sugestões que enriqueceram esta pesquisa. Por fim, à Azul Linhas Aéreas Brasileiras por ter tornado este trabalho possível.

REFERÊNCIAS

- ANAC. **Anuário do Transporte Aéreo**. 2016. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/dados-do-anuario-do-transporte-aereo>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- AZUL. **Azul passa a contar com o Medlink, serviço de atendimento remoto de emergência**. 2015. Disponível em: <<https://www.voeazul.com.br/imprensa/releases/azul-passa-a-contar-com-o-medlink-servico-de-atendimento-remoto-de-emergencia-1383354245507>>. Acesso em: 27 jul. 2016.
- AZUL. **Sobre a Azul**. Disponível em: <voeazul.com.br>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- DONNER, Howard J.. Is There a Doctor Onboard? Medical Emergencies at 40,000 Feet. **Emergency Medicine Clinics Of North America**, [s.l.], v. 35, n. 2, p.443-463, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.emc.2017.01.005>.

- Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733862717300056?via=ihub>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- FAY, Claudia Musa; OLIVEIRA, Geneci Guimarães de. Pilotos e comissários: profissão de homem e profissão de mulher? In: VIII CONGRESSO IBEROAMERICANO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E GÊNERO, 8., 2010, Curitiba. **Anais...**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010. p. 1 - 12.
- FLEURY, Pedro Leme. **Estudo sobre Estratégias de Negócio de Empresas de Transporte Aéreo para Atender o Mercado de Baixa Renda: Um Estudo de Caso**. 2010. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. doi:10.11606/D.12.2010.tde-13102010-190305. Acesso em: 06 jun. 2018.
- GARRETT, Joan Sullivan; ALVES, Paulo M.. AVIATION TELEMEDICINE: PAST, PRESENT AND FUTURE. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE AERONAUTICAL SCIENCES, 26., 2008, Anchorage. **Proceedings...**. Anchorage: Icas, 2008. p. 1 - 6. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pierpaolo_Morosini/publication/6550604_Telemedicine_past_present_and_future/links/00463532012d49dc75000000/Telemedicine-past-present-and-future.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2016.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- GRAF, Jürgen; STÜBEN, Uwe; PUMP, Stefan. In-Flight Medical Emergencies. **Deutsches Aerzteblatt Online**, [s.l.], p.591-602, 14 set. 2012. Deutscher Arzte-Verlag GmbH. <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2012.0591>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3461894/>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- HASSAN, Sheree. Mitigating and Handling Onboard Medical Events. In: IATA CABIN OPERATIONS SAFETY CONFERENCE, 1., 2014, Madrid. **Presentation**. Madrid: Iata, 2014. p. 71 - 80.
- HINKELBEIN, Jochen et al. Emergencies in the sky: In-flight medical emergencies during commercial air transport. **Trends In Anaesthesia And Critical Care**, [s.l.], v. 3, n. 4, p.179-182, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tacc.2013.03.001>. Disponível em: <[https://www.trendsanaesthesiacriticalcare.com/article/S2210-8440\(13\)00047-6/pdf](https://www.trendsanaesthesiacriticalcare.com/article/S2210-8440(13)00047-6/pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- HINKELBEIN, Jochen et al. In-flight medical emergencies during airline operations: a survey of physicians on the incidence, nature, and available medical equipment. **Open Access Emergency Medicine**, [s.l.], v. 9, p.31-35, fev. 2017. Dove Medical Press Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2147/oaem.s129250>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5328610/>>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- ICAO. **Presentation of 2016 Air Transport Statistical Results**. [s.i]: Icao, 2016. Disponível em: <https://www.icao.int/annual-report-2016/Documents/ARC_2016_Air%20Transport%20Statistics.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- JEZERSKI, Marlene. MedAire: Peace of mind in the skies—A flight nurse's dream come true. **Journal Of Emergency Nursing**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.71-73, fev. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0099-1767\(98\)90178-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0099-1767(98)90178-7). Acesso em: 19 dez. 2016.
- KESAPLI, Mustafa et al. Inflight Emergencies During Eurasian Flights. **Journal Of Travel Medicine**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.361-367, 1 nov. 2015. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1111/jtm.12230>. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jtm/article/22/6/361/2635582>>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- LACERDA, Leticia Soares de; ARAÚJO, Eronice Ribeiro de Moraes; NETA, Francina Lopes Amorim. TRANSPORTE AEROMÉDICO NO ESTADO DO PIAUÍ: PERFIL DAS OCORRÊNCIAS. **Revista Prevenção de Infecção e Saúde**, [s.l.], v. 3, n. 2, p.20-26, 24 nov. 2017. Universidade Federal do Piauí. <http://dx.doi.org/10.26694/repis.v3i2.6453>. Disponível em: <<http://www.ojs.ufpi.br/index.php/nupcis/article/view/6453>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- LUPIÃO, Andreza Cristine; OKAZAKI, Egle de Lourdes Fontes Jardim. Métodos anticoncepcionais: revisão. **Rev Enferm Unisa**, [s.l.], v. 12, n. 2, p.136-141, 2011. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45231470/Ciclo_menstrual_e_pilula_do_dia_seguinte.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1541230639&Signature=zeXJ0KTRegv4YuJW9x2Y7b3RAeI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMetodos_anticoncepcionais_revisao.pdf>. Acesso em: 12 out. 2018.
- MACHADO, Hilka Vier. Tendências do comportamento gerencial da mulher empreendedora. In: XXIII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO. 23., 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANPAD, 1999, p. 139-148.
- MAIA, Patrícia Karoline Siqueira. **Perfil das vítimas atendidas pelo serviço aeromédico do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**. 2015. 40 f. Monografia (Graduação) - Curso de Enfermagem, Universidade de Brasília, Ceilândia, 2015. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/10899>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- MAHONY, Paul H. et al. Symptom-Based Categorization of In-Flight Passenger Medical Incidents. **Aviation, Space, And Environmental Medicine**, [s.l.], v. 82, n. 12, p.1131-1137, 1 dez. 2011. Aerospace Medical Association. <http://dx.doi.org/10.3357/asem.3099.2011>. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2011/00000082/00000012/art00008>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- PETERSON, Drew C. et al. Outcomes of Medical Emergencies on Commercial Airline Flights. **New England Journal Of Medicine**, [s.l.], v. 368, n. 22, p.2075-2083, 30 maio 2013. New England Journal of Medicine (NEJM/MMS).

- <http://dx.doi.org/10.1056/nejmoa1212052>. Disponível em: <<https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1212052>>. Acesso em: 30 mar. 2018.
- POLLI, Janaina Borges; POLLI, Ismael. Traveling with children: beyond car seat safety. **Jornal de Pediatria**, [s.l.], v. 91, n. 6, p.515-522, nov. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jped.2015.05.002>.
- RUSKIN, Keith J.; HERNANDEZ, Keith A.; BARASH, Paul G.. Management of In-flight Medical Emergencies. **Anesthesiology**, [s.l.], v. 108, n. 4, p.749-755, abr. 2008. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/aln.0b013e31816725bc>. Acesso em: 07 jun. 2018.
- SANTOS, Ricardo Vieira et al. Desenvolvimento de Banco de Dados para Estudo Sobre Ocorrências Médicas no Espaço Aéreo Brasileiro. **Aviation In Focus**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p.58-66, dez. 2013. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/aviation/article/view/16358/10759>>. Acesso em: 06 jun. 2016.
- SENE, Alsane; KAMSU-FOGUEM, Bernard; RUMEAU, Pierre. Discovering frequent patterns for in-flight incidents. **Cognitive Systems Research**, [s.l.], v. 49, p.97-113, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.01.002>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389041717301997?via=ihub>>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- VALANI, Rahim; CORNACCHIA, Marisa; KUBE, Douglas. Flight Diversions Due to Onboard Medical Emergencies on an International Commercial Airline. **Aviation, Space, And Environmental Medicine**, [s.l.], v. 81, n. 11, p.1037-1040, 1 nov. 2010. Aerospace Medical Association. <http://dx.doi.org/10.3357/asem.2789.2010>. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2010/00000081/00000011/art00010>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

....

Dificuldades em serviço na aviação civil brasileira – panorama de 2017

Rogério Possi Junior¹

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

RESUMO: Neste trabalho, apresenta-se o resumo dos eventos de dificuldades em serviço de 2017, que foram comunicados a Agência Nacional de Aviação Civil por operadores, organizações de manutenção de produto aeronáutico e fabricantes de produtos aeronáuticos. Após identificarem-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 e de acordo com a tecnologia envolvida. Por fim, os relatórios foram classificados de acordo com a certificação do produto e o programa associado.

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

In service difficulties – summary of 2017

ABSTRACT: In this paper, we present a summary of in service difficulties events in 2017, which were communicated to the National Agency of Civil Aviation by operators, maintenance organizations of aeronautical product and aircraft manufacturers. After identify 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 and according to the cover technology. Finally, the reports were classified according to the product certification and the associated program.

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

Citação: Junior, RP. (2018) Dificuldades em Serviço na Aviação Civil Brasileira – Panorama de 2017. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 59-81.

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 têm-se certos requisitos que visam ao 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° 00-001, 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?msg=Sess%E3o%20expirada>). O

espaço amostral analisado consiste no conjunto dos 407 relatórios submetidos no ano de 2017, que foram separados de acordo com os seguintes critérios:

- Incidência mensal.
- Tipo de certificação da organização que submete o relatório.
- Classificação da operação na qual o evento foi reportado.
- Classificação da fase de operação na qual o evento foi reportado.
- Código ATA associado ao evento.
- 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 às 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 00-001 possui o detalhamento relativo ao requerido pelos regulamentos acima, quanto a comunicação dos eventos de dificuldades em serviço (ANAC, 2018).

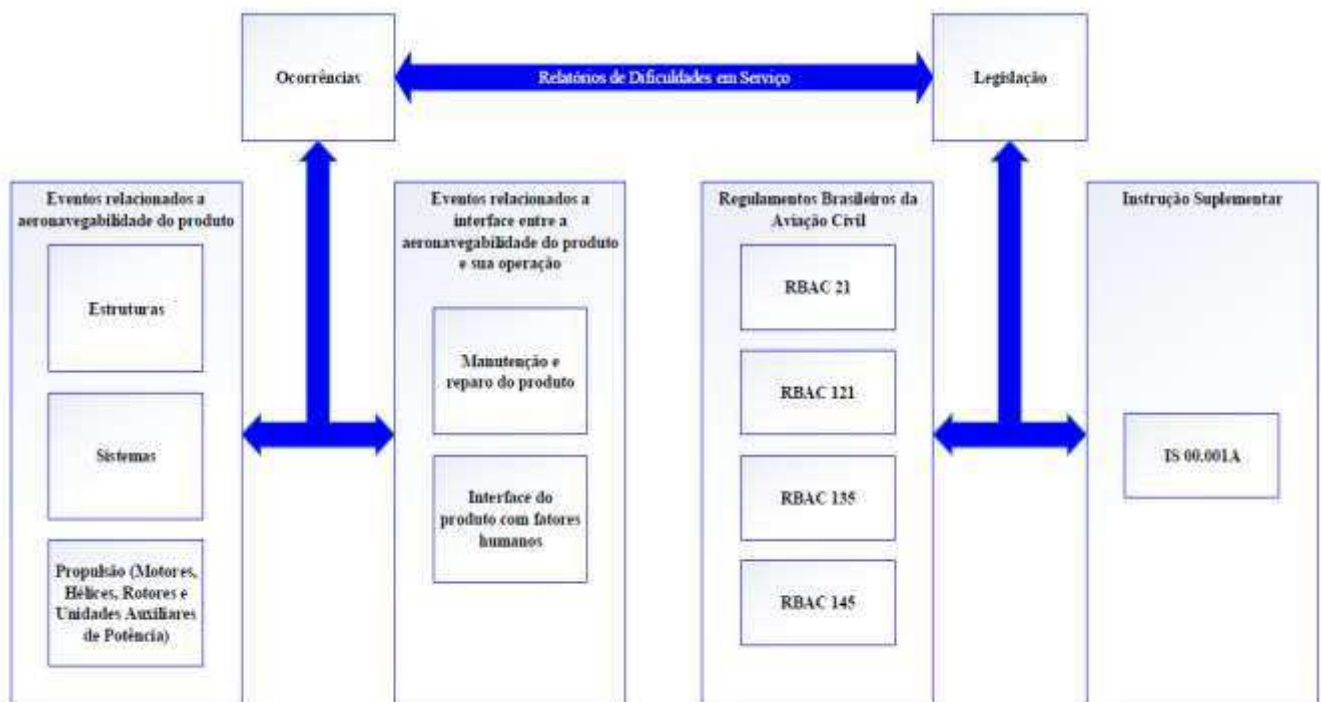


Figura 1 – Ilustração do fluxo de dados entre as diferentes organizações (Possi, 2016).

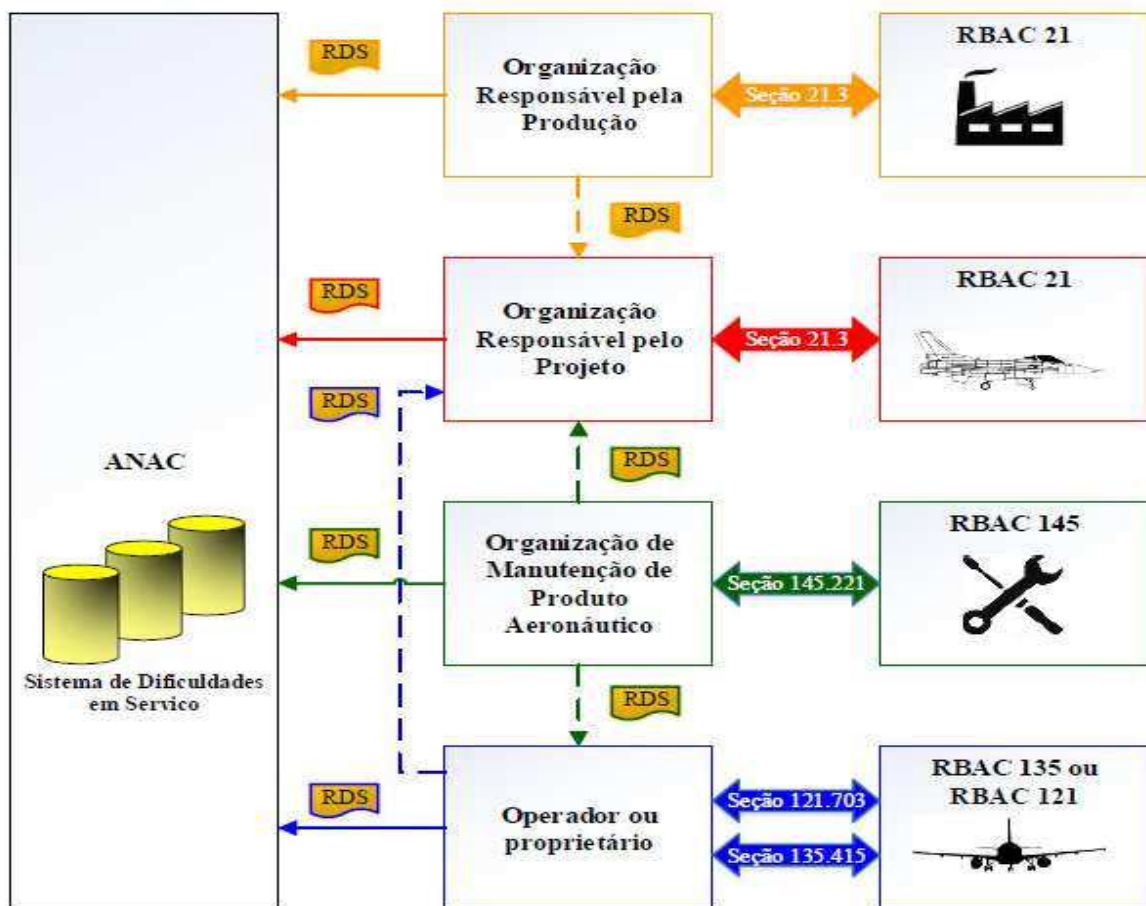


Figura 2 – Ilustração do fluxo de dados entre as diferentes organizações (Possi, 2016).

4 OCORRÊNCIAS – PANORAMA GERAL

Desta forma apresenta-se a seguir um resumo dos relatórios submetidos a ANAC, relativo ao ano de 2017.

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.

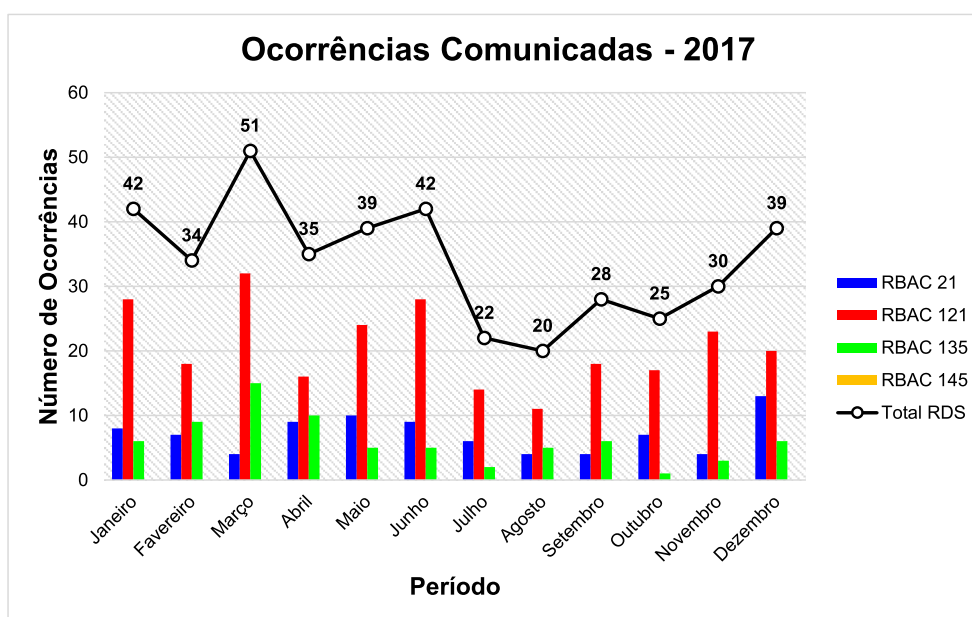


Figura 3 - Relatórios enviados (ANAC, 2018).

4.2 Incidência dos Relatórios Recebidos Relativa a Certificação da Organização Regulada

A Figura 4 ilustra o percentual de relatórios enviados de acordo com a certificação das empresas que os submeteram durante 2017. Nota-se que a maioria dos relatórios tem origem em empresas aéreas regidas pelo RBAC 121.



Figura 4 - Relatórios enviados por certificação (ANAC, 2018).

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.

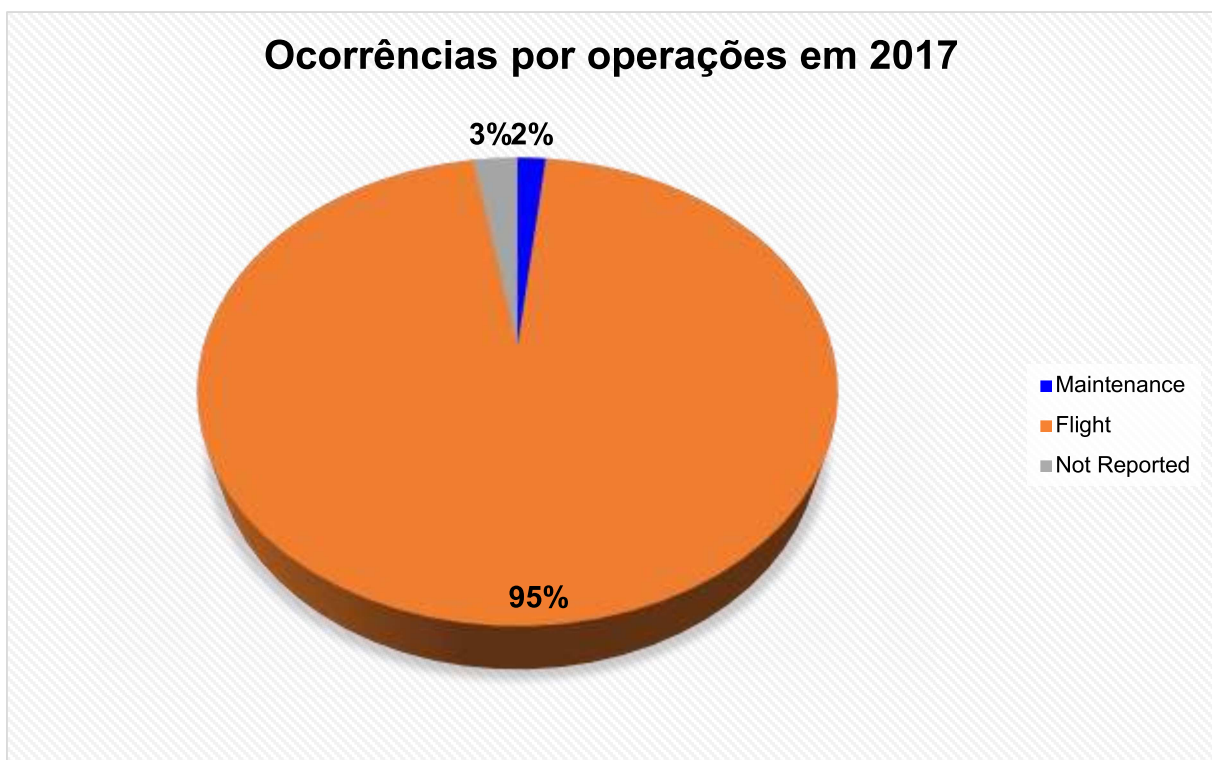


Figura 5 – Ocorrências recebidas por operação – percentual (ANAC, 2018).

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*.

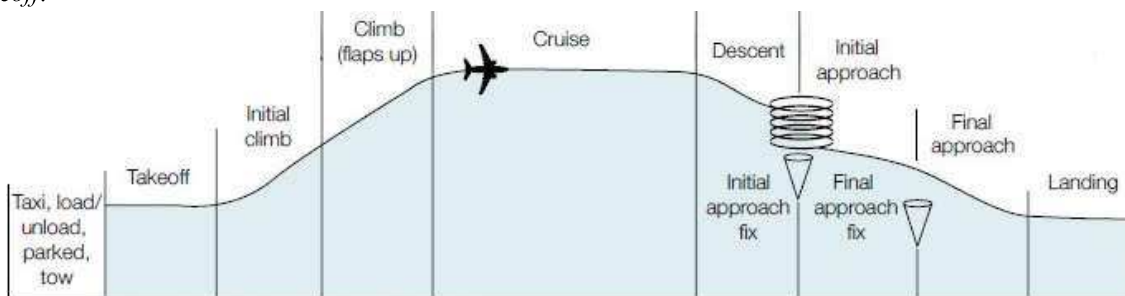


Figura 6 – Fases de Operação (adaptado de Boeing, 2015).

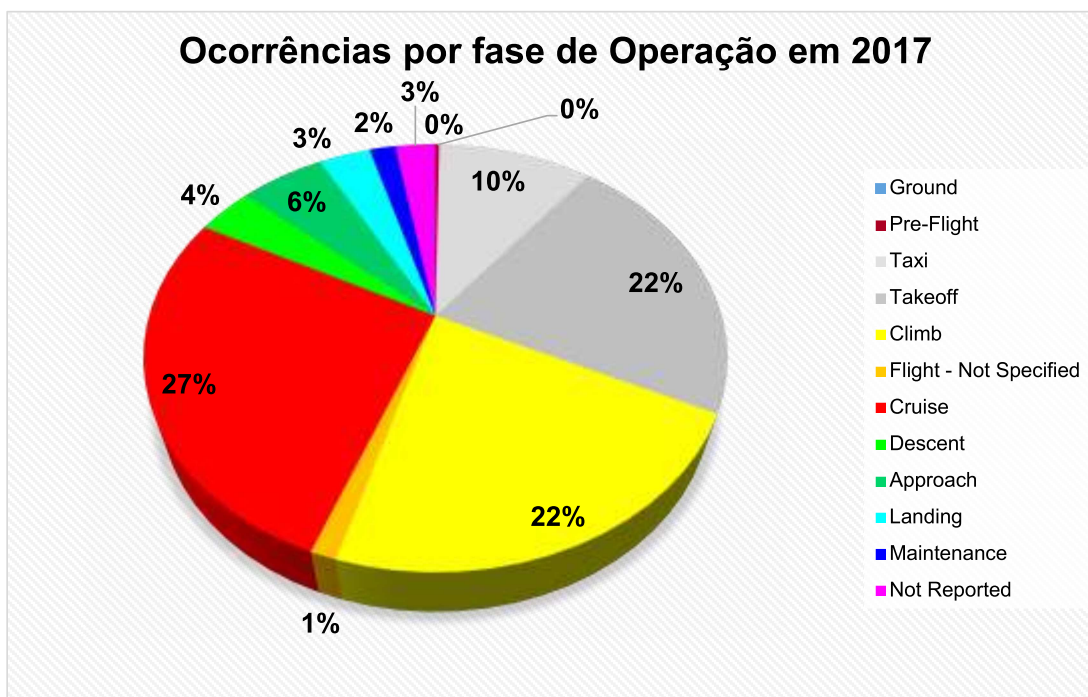


Figura 7a – Ocorrências recebidas por fase de operação – percentual (ANAC, 2018).

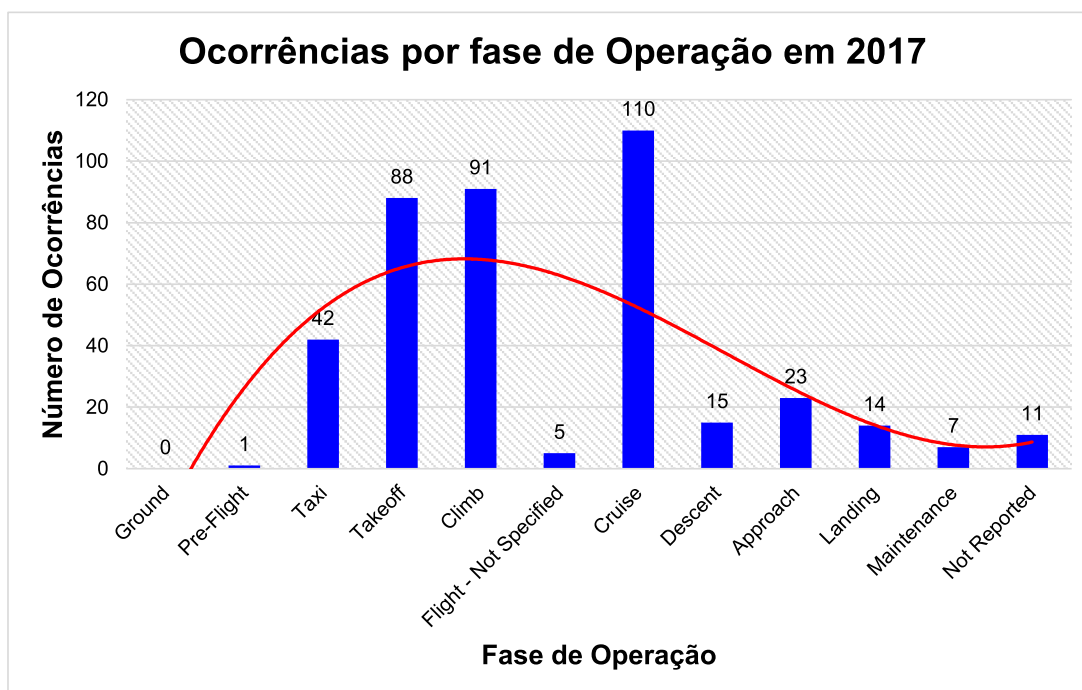


Figura 7b – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto (ANAC, 2018).

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 2017 classificados de acordo com os sistemas que integram as aeronaves e que estão classificados de acordo com o sistema ATA 2200.

Analogamente aos anos anteriores, nota-se, de acordo com a Figura 8, grande incidência de eventos associados aos sistemas de ar condicionado (ATA 21), comandos de voo (ATA 27), trem de pouso (ATA 32) e problemas nas turbinas (ATA 72). Também houve grande quantidade de eventos relacionados ao sistema elétrico das aeronaves (ATA 24).

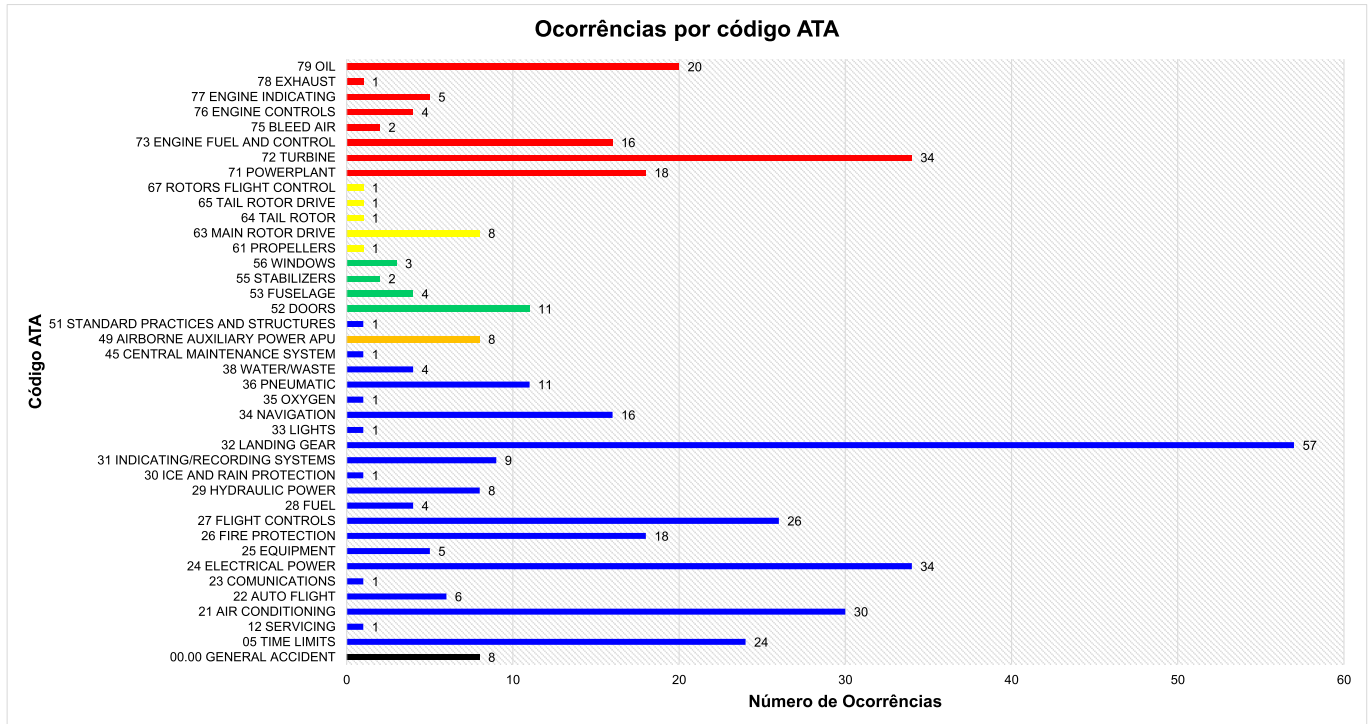


Figura 8 – Ocorrências recebidas por fase de operação – absoluto (ANAC, 2018).

5.1 Sistemas

A seguir (Figuras 9 até 22) é feita a separação dos eventos associados aos sistemas das aeronaves de acordo com seu código ATA incidente.

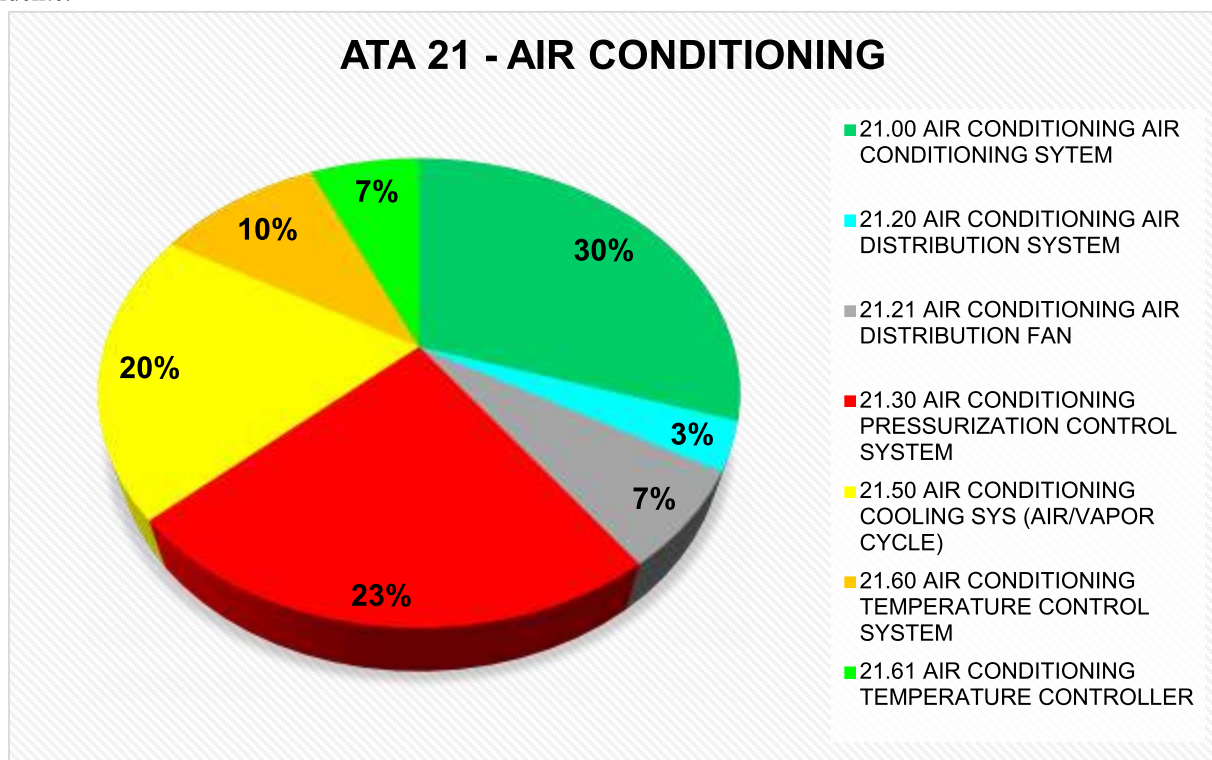


Figura 9 – Ocorrências ATA 21 (ANAC, 2018).

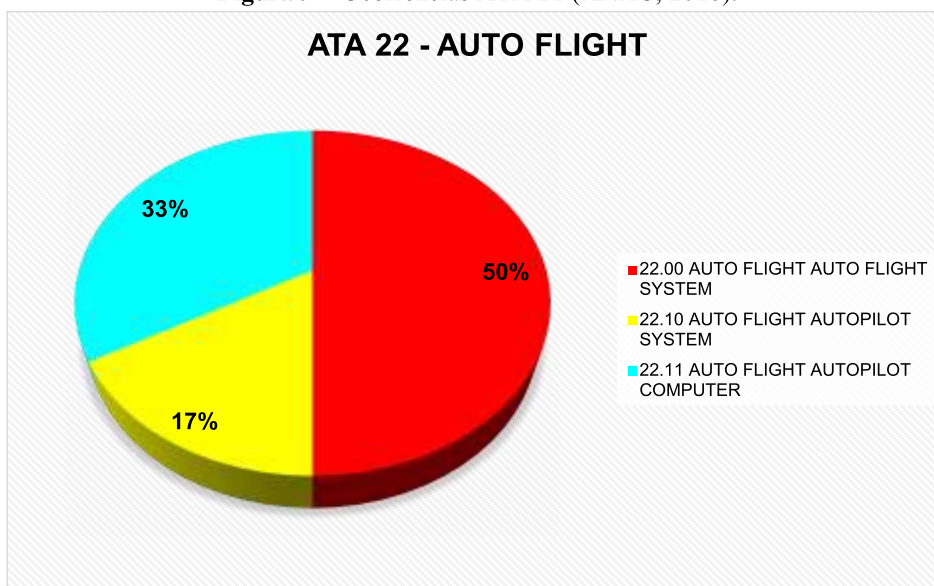


Figura 10 – Ocorrências ATA 22 (ANAC, 2018).

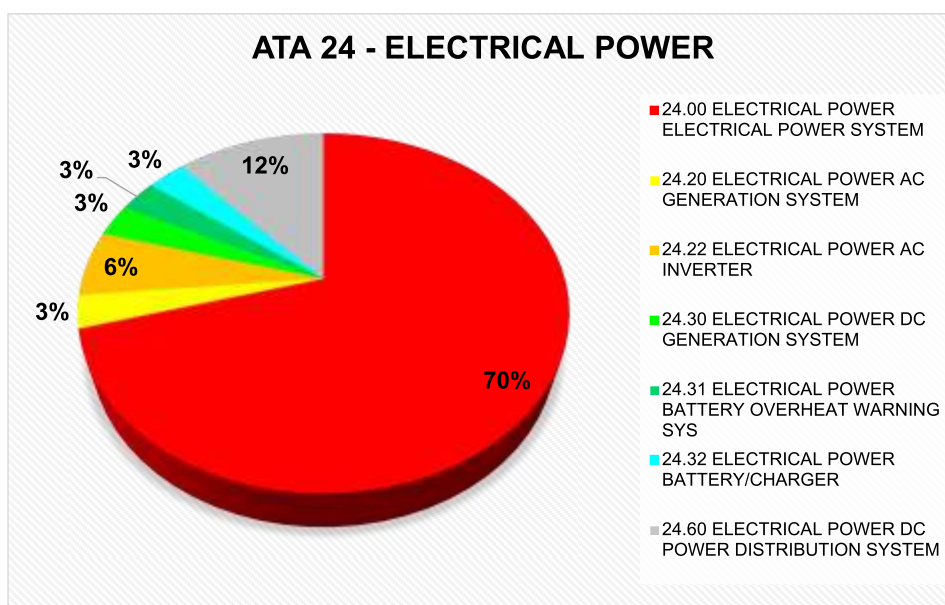


Figura 11 – Ocorrências ATA 24 (ANAC, 2018).

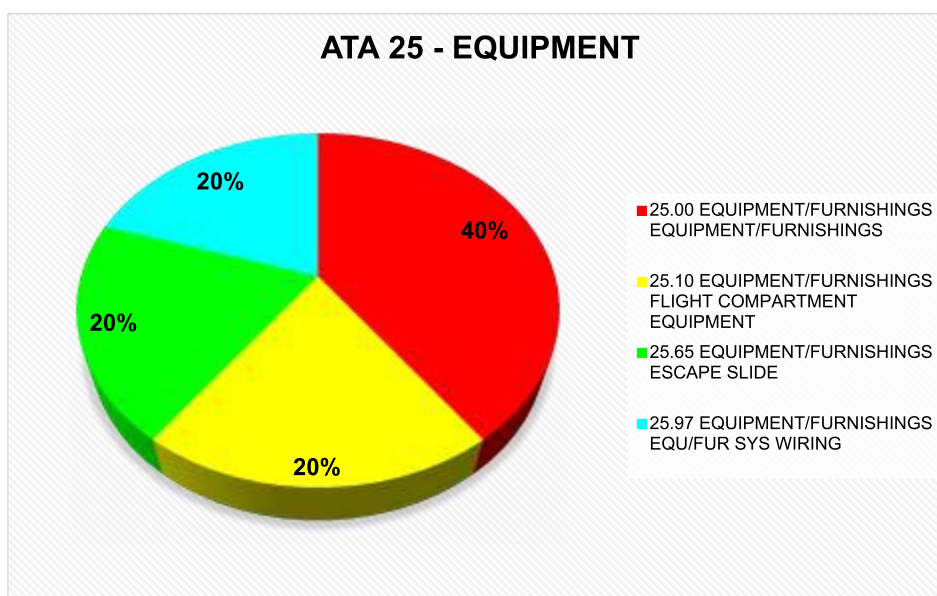


Figura 12 – Ocorrências ATA 25 (ANAC, 2018).

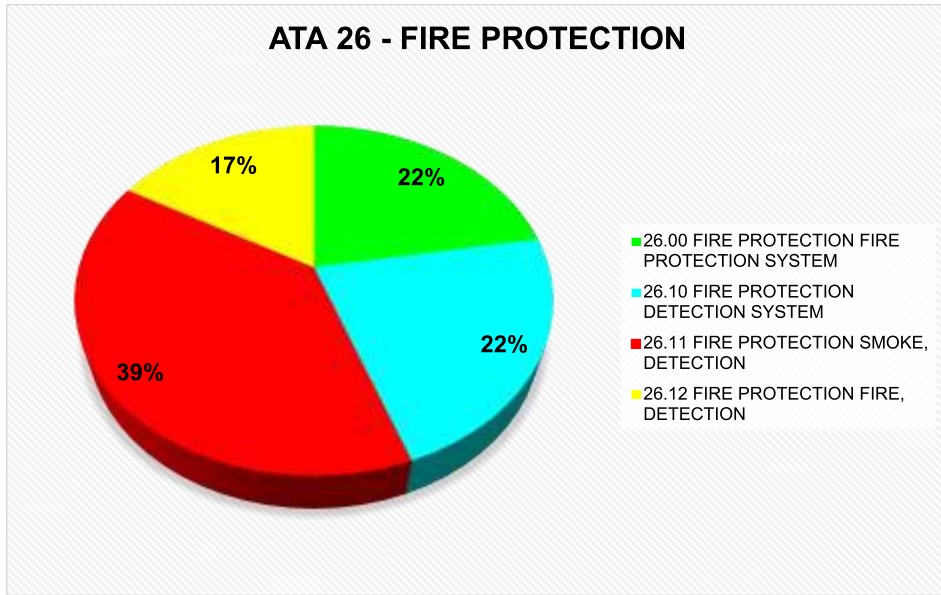


Figura 13 – Ocorrências ATA 26 (ANAC, 2018).

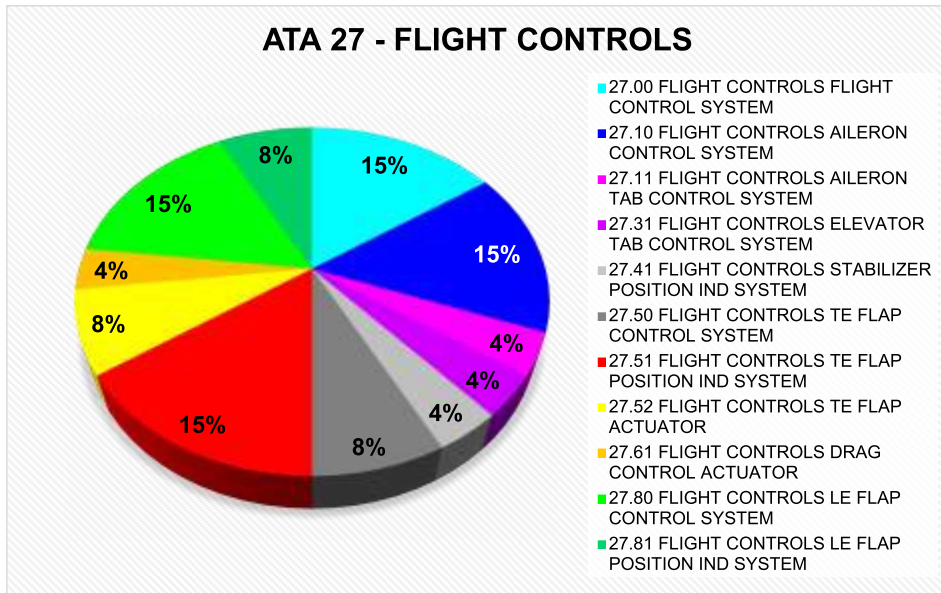


Figura 14 – Ocorrências ATA 27 (ANAC, 2018).

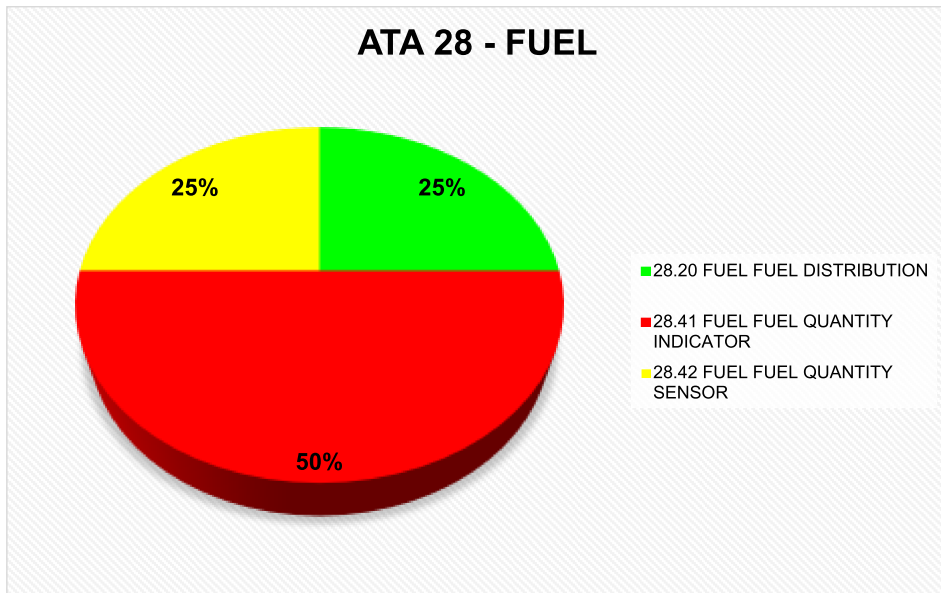


Figura 15 – Ocorrências ATA 28 (ANAC, 2018).

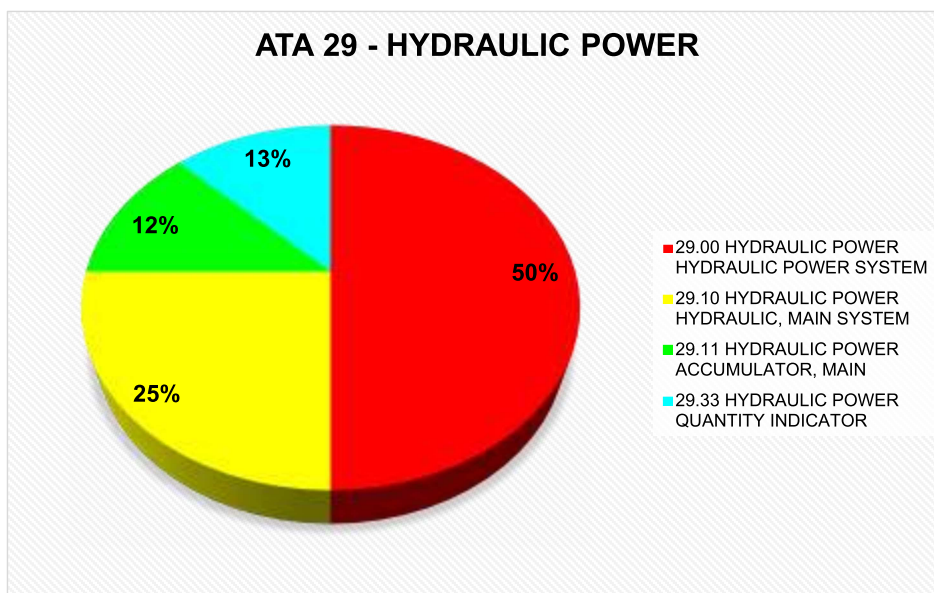


Figura 16 – Ocorrências ATA 29 (ANAC, 2018).

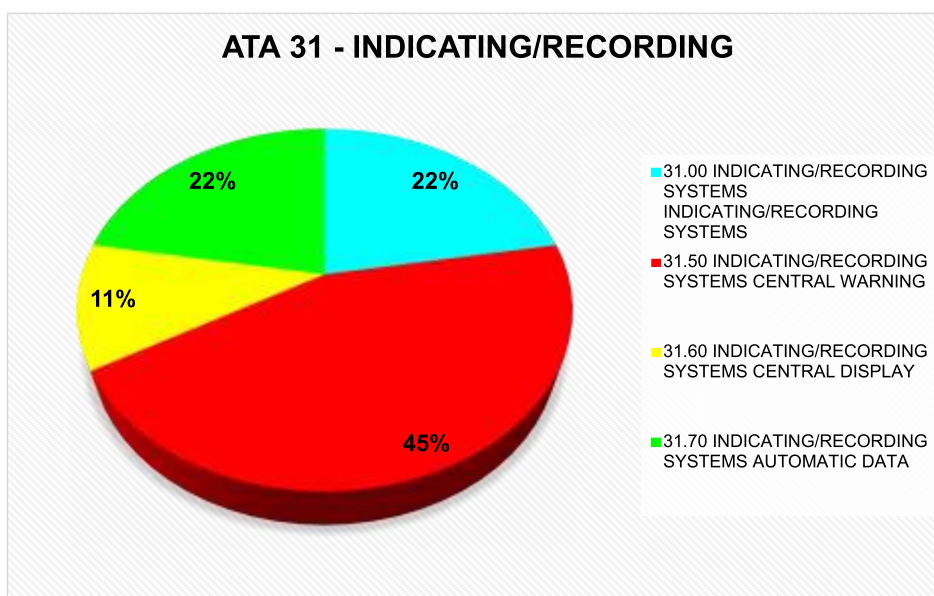


Figura 17 – Ocorrências ATA 31 (ANAC, 2018).

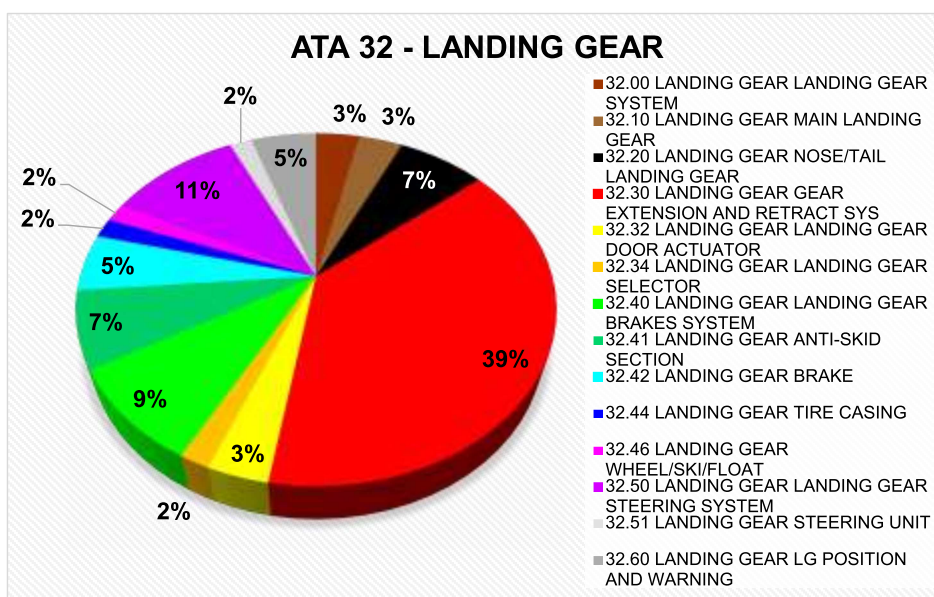


Figura 18 – Ocorrências ATA 32 (ANAC, 2018).

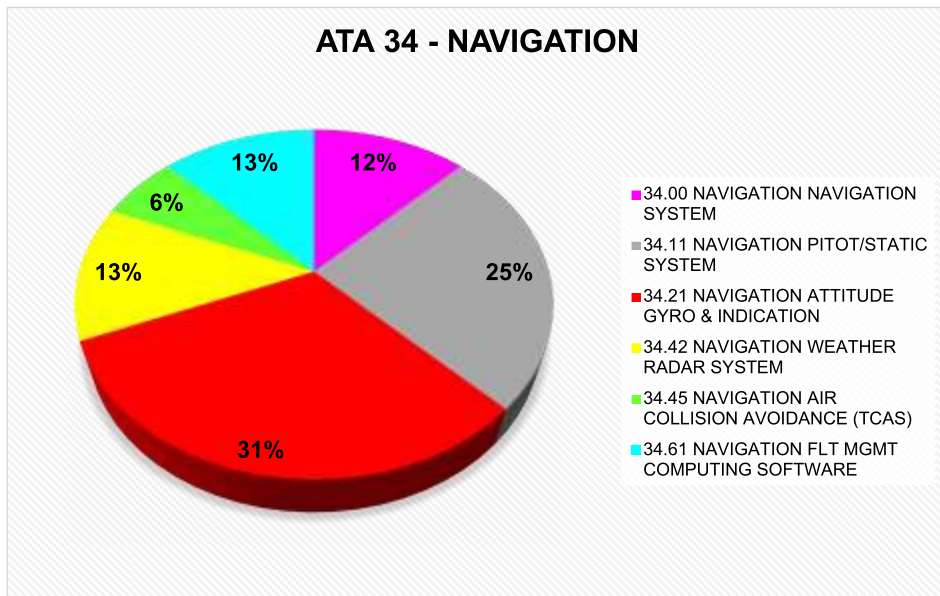


Figura 19 – Ocorrências ATA 34 (ANAC, 2018).

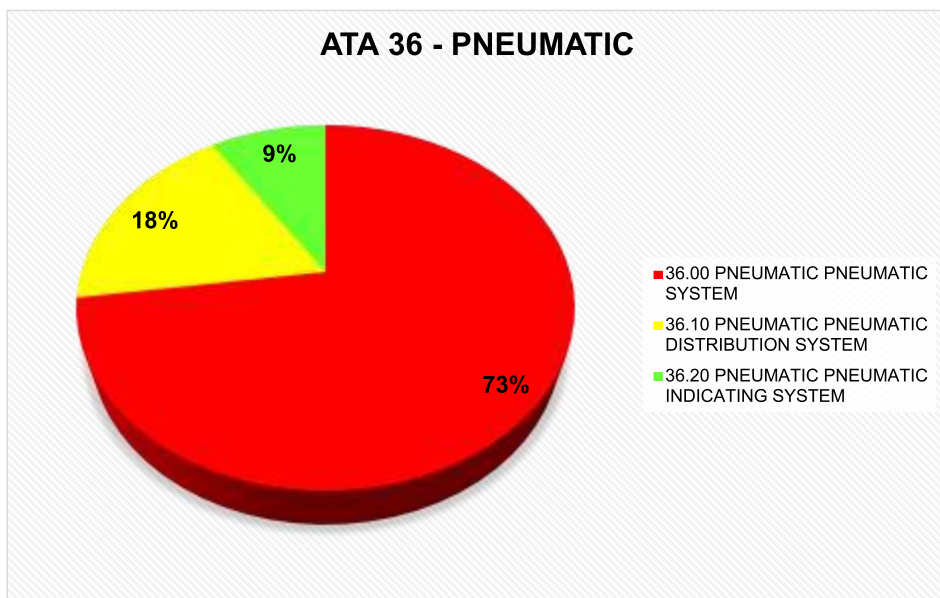


Figura 20 – Ocorrências ATA 36 (ANAC, 2018).

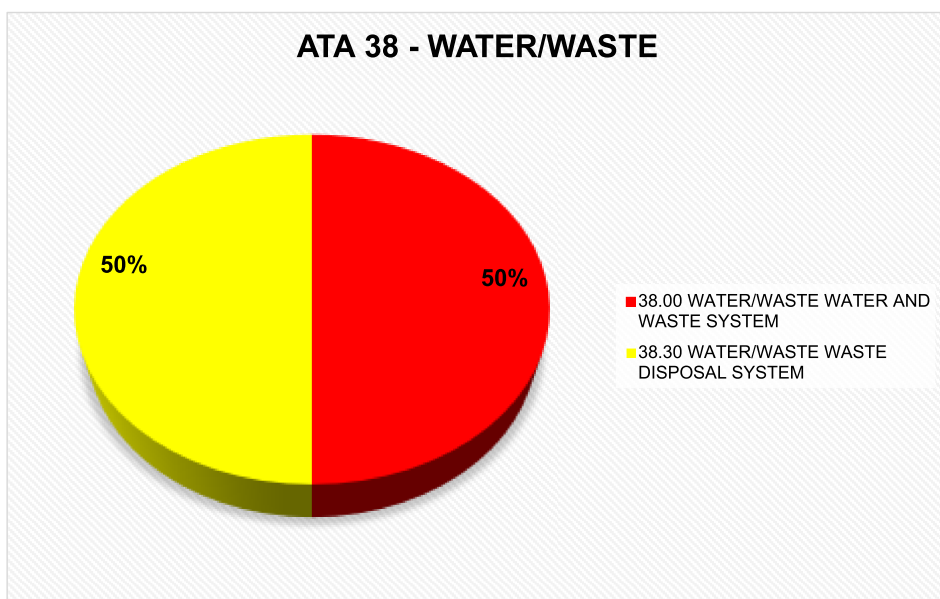


Figura 21 – Ocorrências ATA 38 (ANAC, 2018).

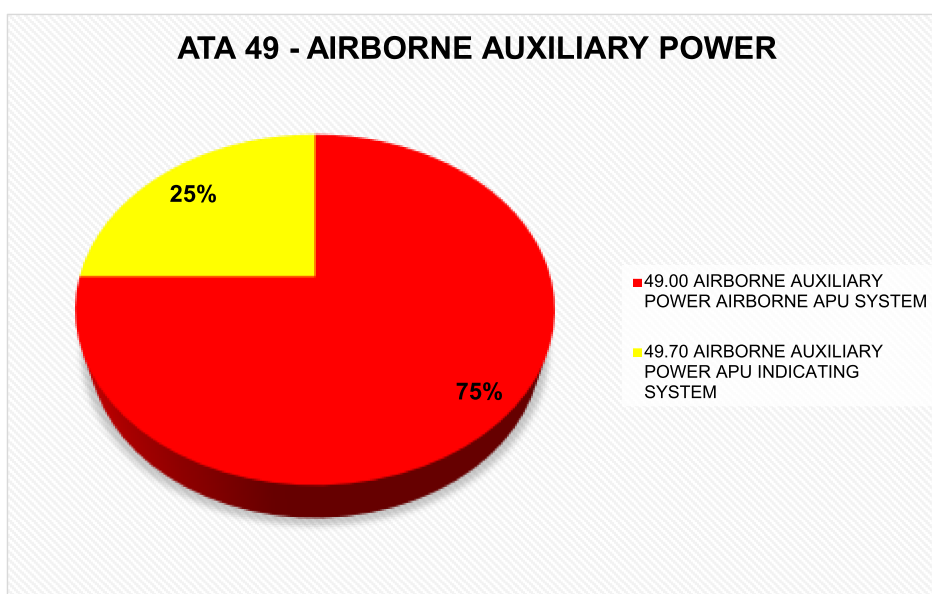


Figura 22 – Ocorrências ATA 49 (ANAC, 2018).

5.2 Estrutura – Ata 50 a 59

A seguir são apresentados (Figuras 23 a 26) os eventos relativos aos itens estruturais das aeronaves.

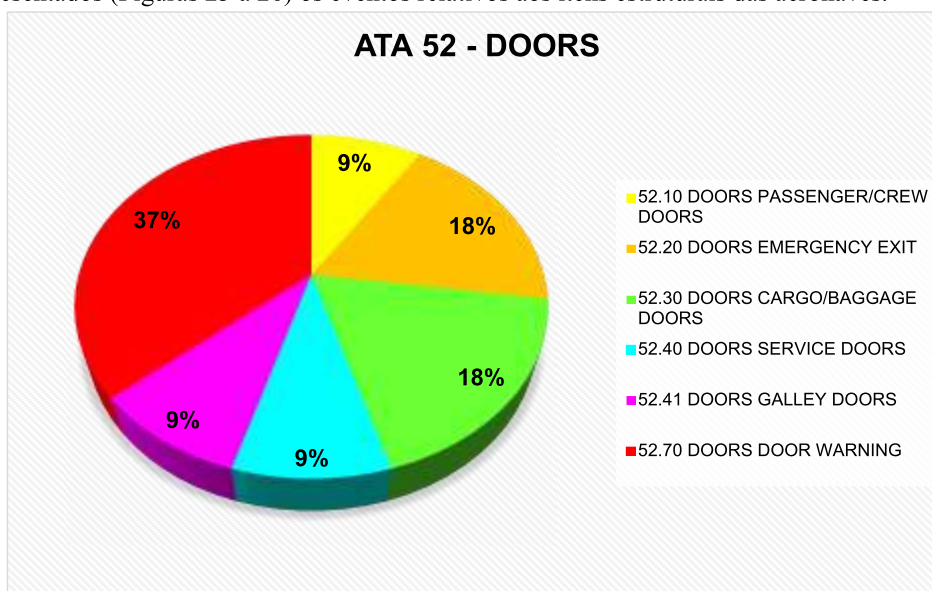


Figura 23 – Ocorrências ATA 52 (ANAC, 2018).

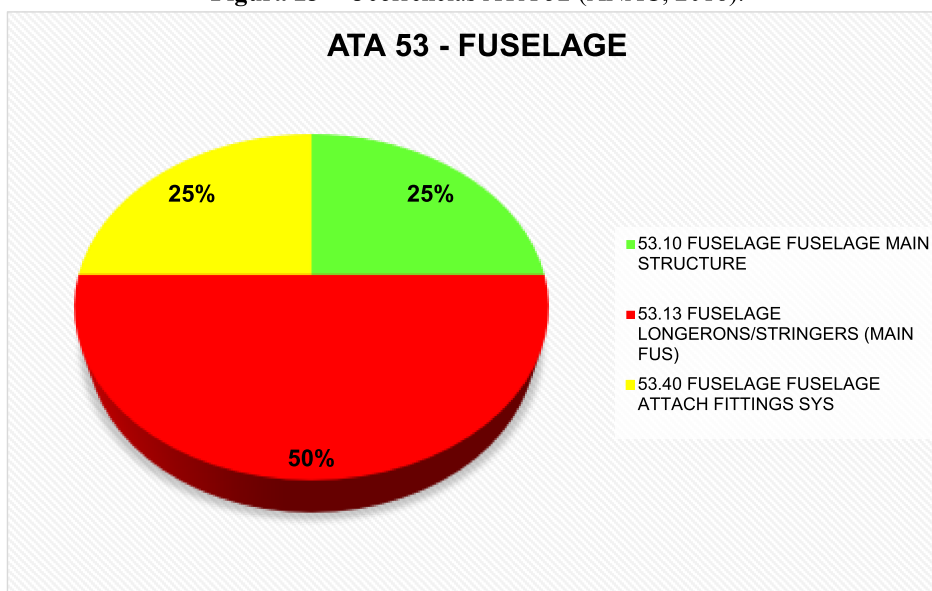


Figura 24 – Ocorrências ATA 53 (ANAC, 2018).

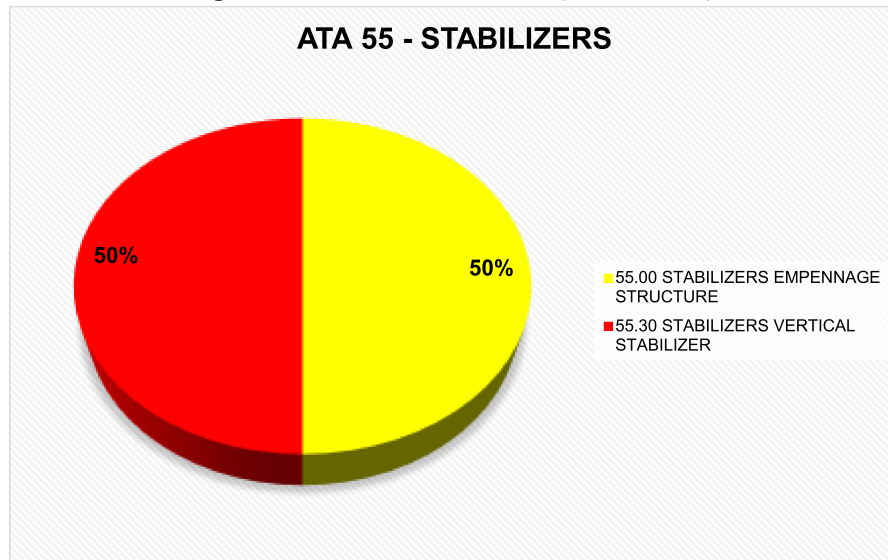


Figura 25 – Ocorrências ATA 55 (ANAC, 2018).

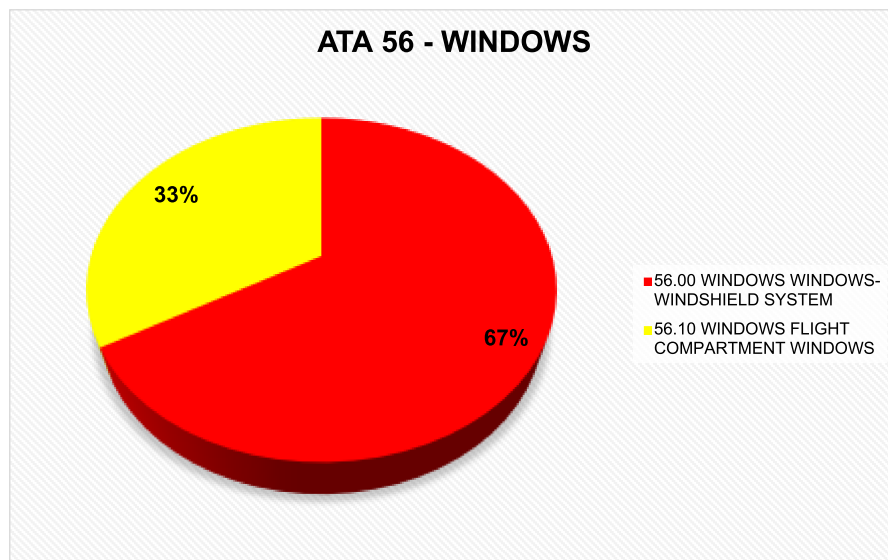


Figura 26 – Ocorrências ATA 56 (ANAC, 2018).

5.3 Hélices e Rotores – Ata 60 a 67

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

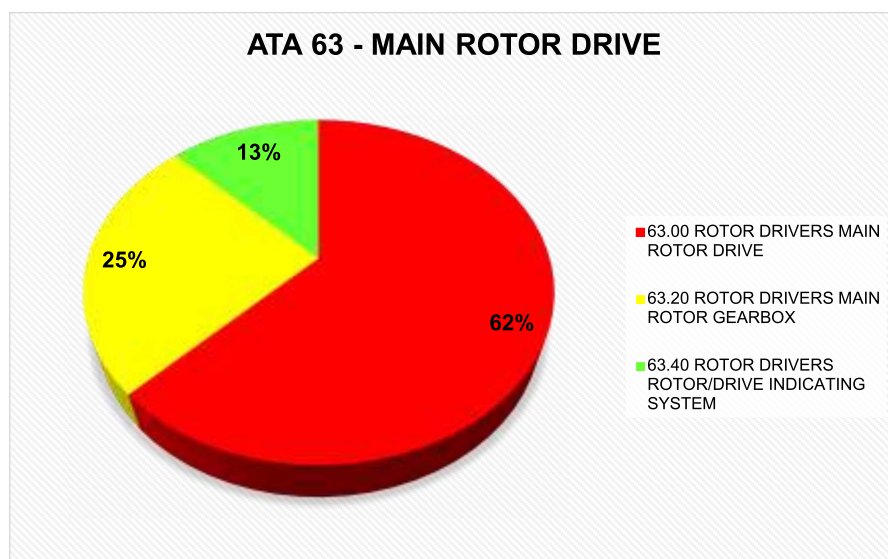


Figura 27 – Ocorrências ATA 63 (ANAC, 2018).

5.4 Grupo Motopropulsor – Ata 71 a 84

A seguir são apresentados (Figuras 28 a 32) os eventos relativos à unidade de potência completa, que desenvolve empuxo através da exaustão dos gases ou através de hélices, excluindo itens como geradores e compressores, que são cobertos por seus respectivos sistemas.

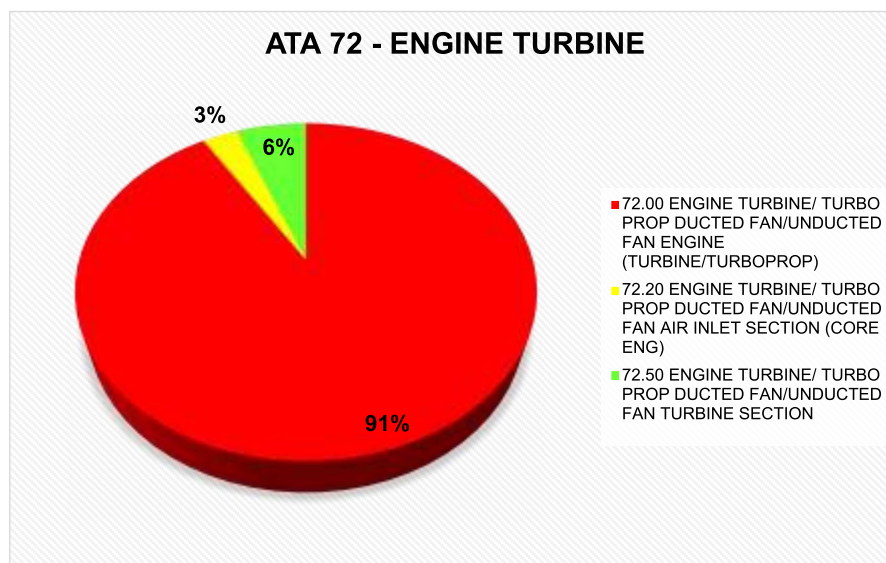


Figura 28 – Ocorrências ATA 72 (ANAC, 2018).

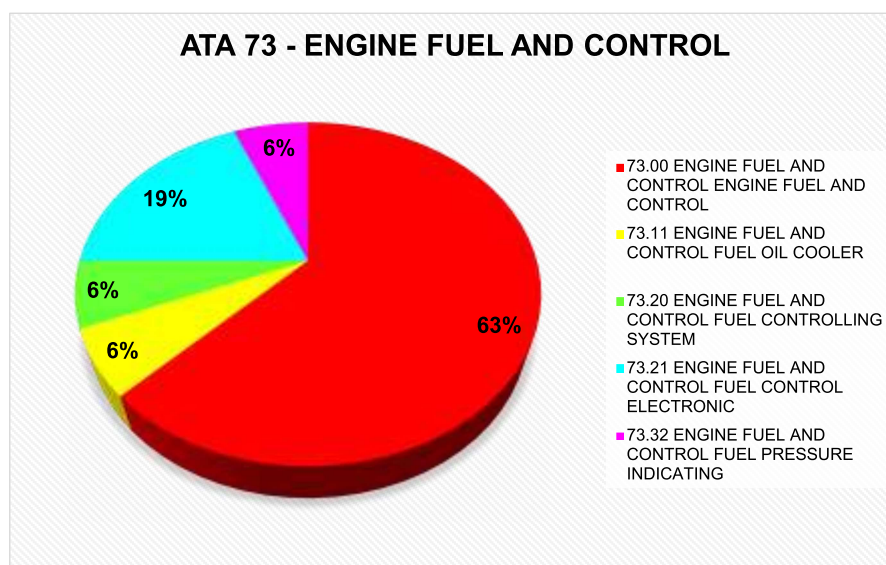


Figura 29 – Ocorrências ATA 73 (ANAC, 2018).

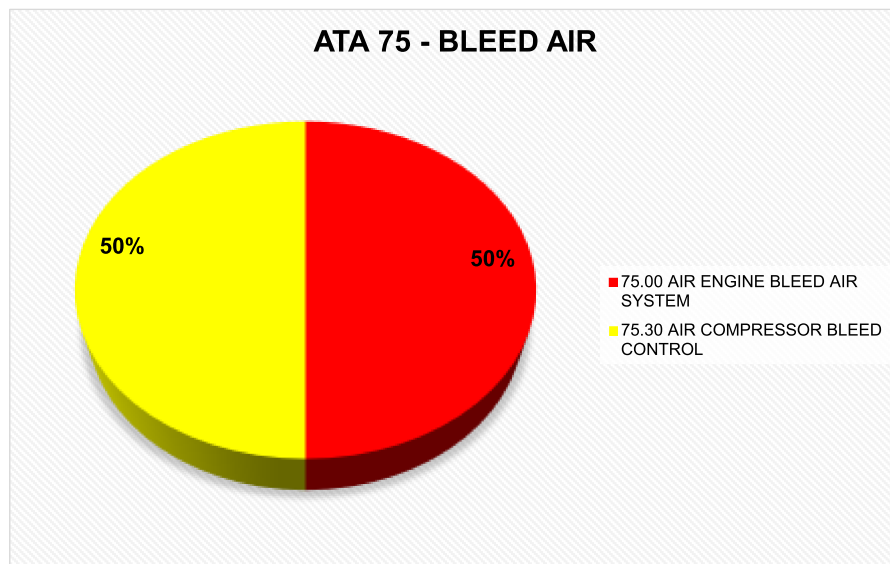


Figura 30 – Ocorrências ATA 75 (ANAC, 2018).

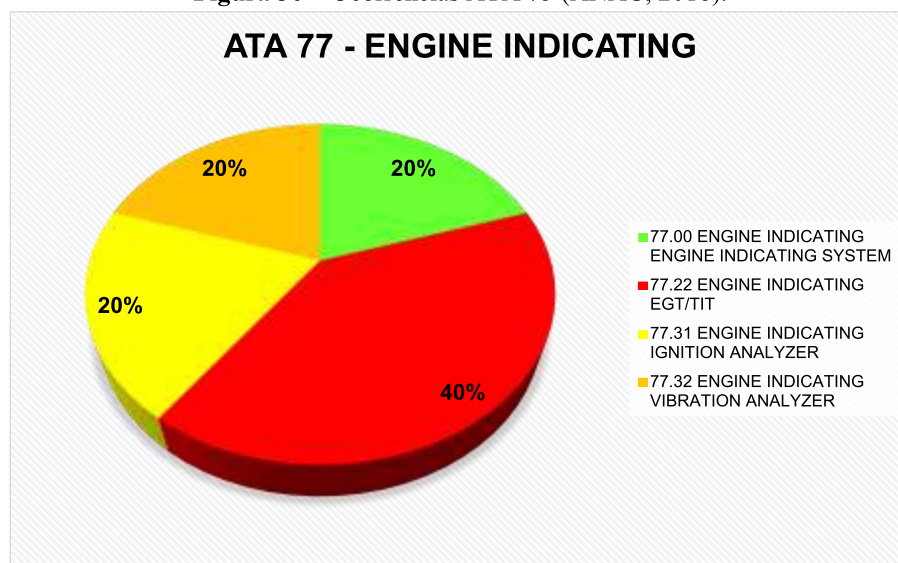


Figura 31 – Ocorrências ATA 77 (ANAC, 2018).

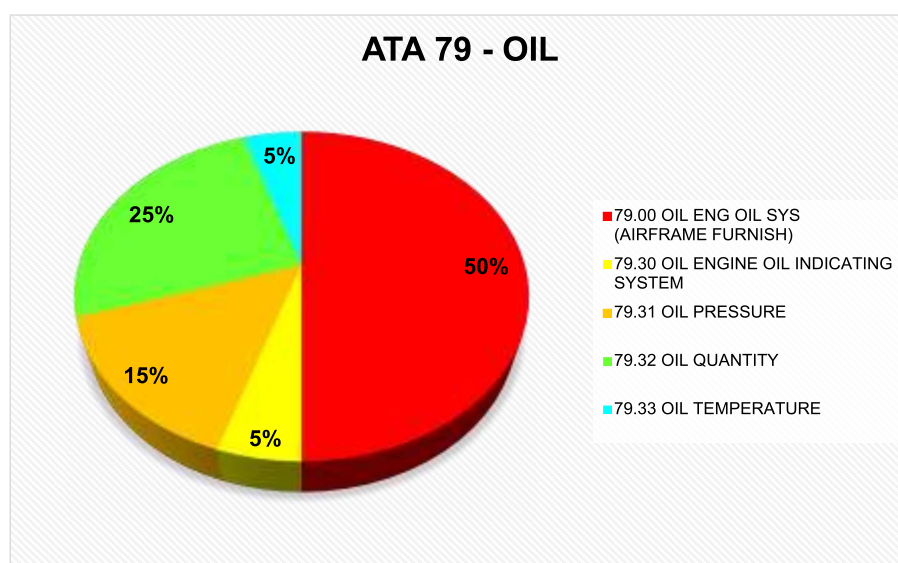


Figura 32 – Ocorrências ATA 79 (ANAC, 2018).

6 RELATÓRIOS CLASSIFICADOS DE ACORDO COM A CERTIFICAÇÃO DO PRODUTO

A seguir são apresentados, nas Figuras 33 e 3, os dados relativos às ocorrências incidentes sobre alguns fabricantes de produtos aeronáuticos.



Figura 33 – Incidência percentual sobre fabricantes das ocorrências recebidas (ANAC, 2018).

Apresentam-se os dados absolutos de cada programa conforme pode ser visto na Figura 34. 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).

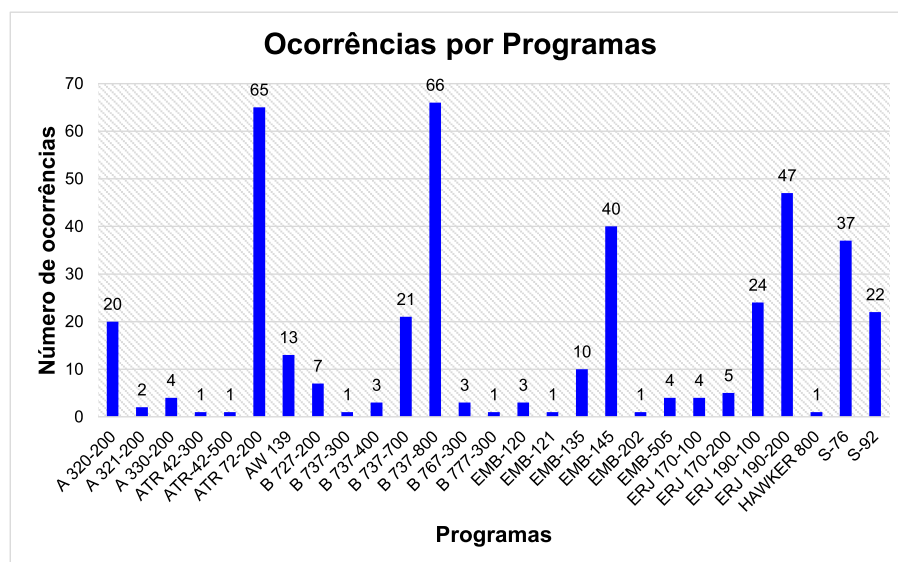


Figura 34 – Incidência absoluta sobre fabricantes das ocorrências recebidas (ANAC, 2018).

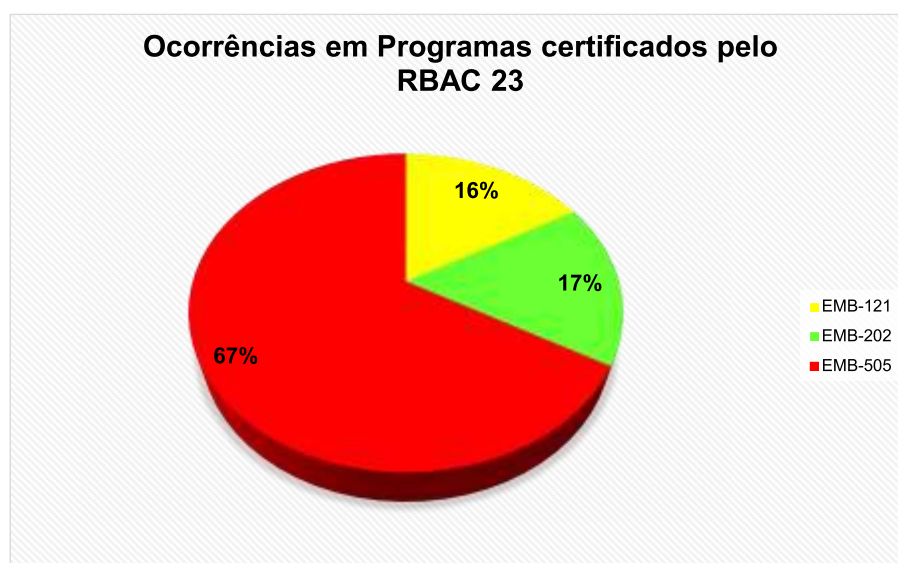


Figura 35 – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 23 (ANAC, 2018).

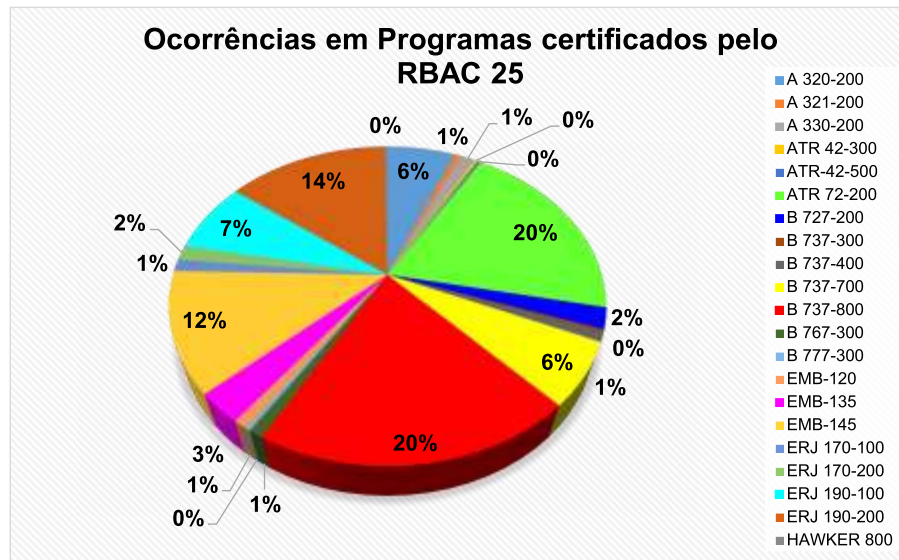


Figura 36 – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 25 (ANAC, 2018).

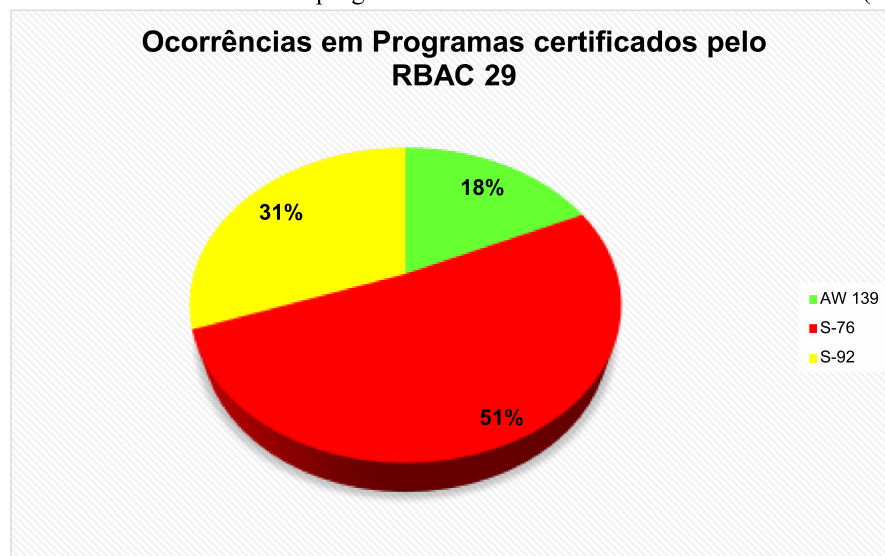


Figura 37 – Incidência relativa sobre os programas certificados de acordo com o RBAC 29 (ANAC, 2018).

6.1 Ocorrências em alguns Programas

Por fim, são apresentados os dados relativos às ocorrências associadas a alguns programas, em especial as aeronaves ATR 72-200 (Figuras 38 a 41), Boeing 737-800 (Figuras 42 a 45), Embraer EMB-145 (Figura 46 a 49), Embraer ERJ 190-200 (Figura 50 a 53), e Sikorsky S 76 (Figura 54 a 57).

a) Programa ATR 72-200.

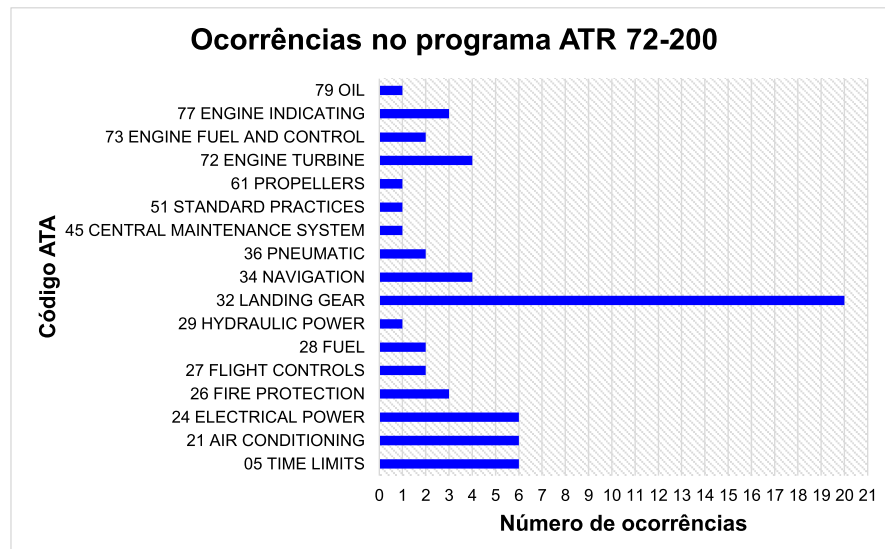


Figura 38 – Ocorrências no programa ATR 72-200 (ANAC, 2018).

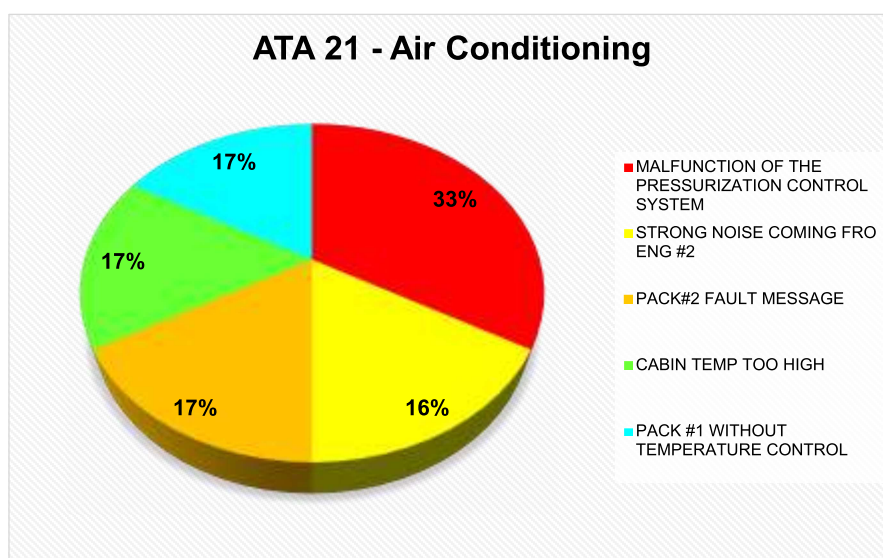


Figura 39 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas ao código ATA 21 (ANAC, 2018).

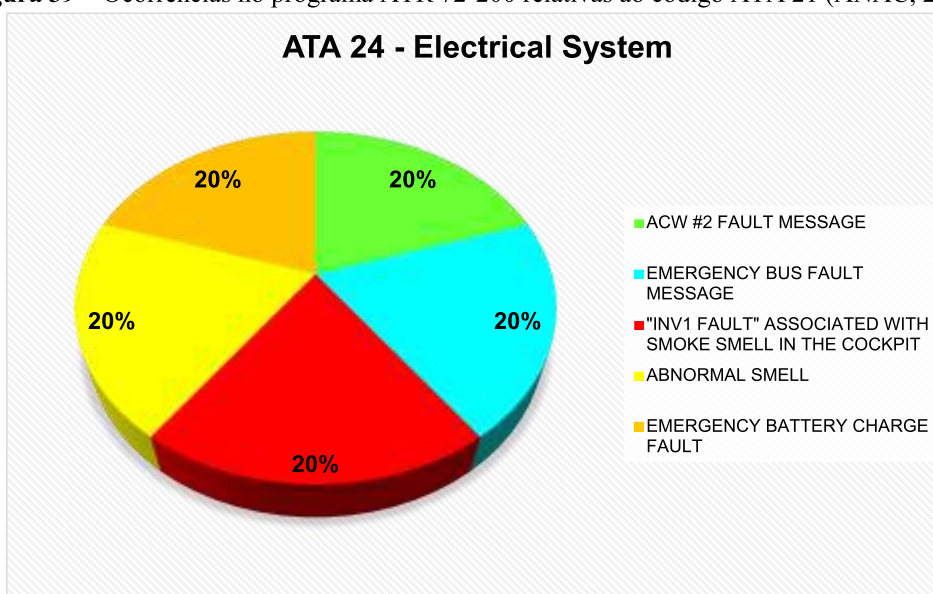


Figura 40 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas ao código ATA 24 (ANAC, 2018).

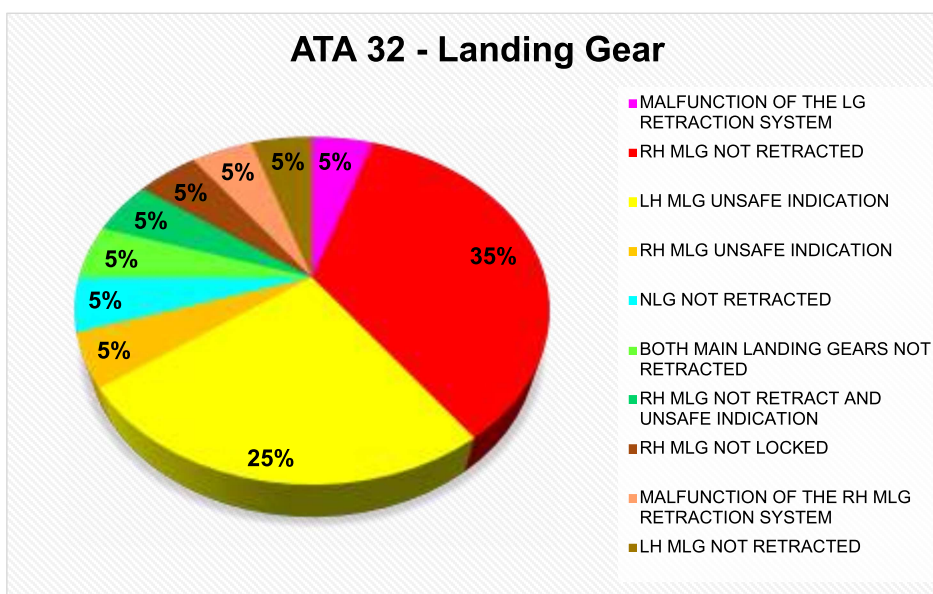


Figura 41 – Ocorrências no programa ATR 72-200 relativas ao código ATA 32 (ANAC, 2018).

b) Programa Boeing 737-800.

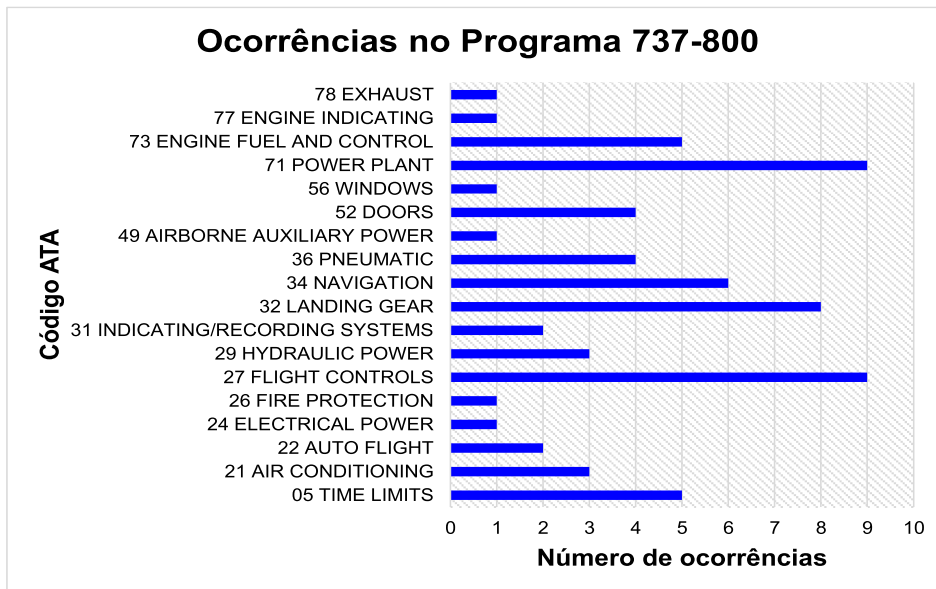


Figura 42 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 (ANAC, 2018).

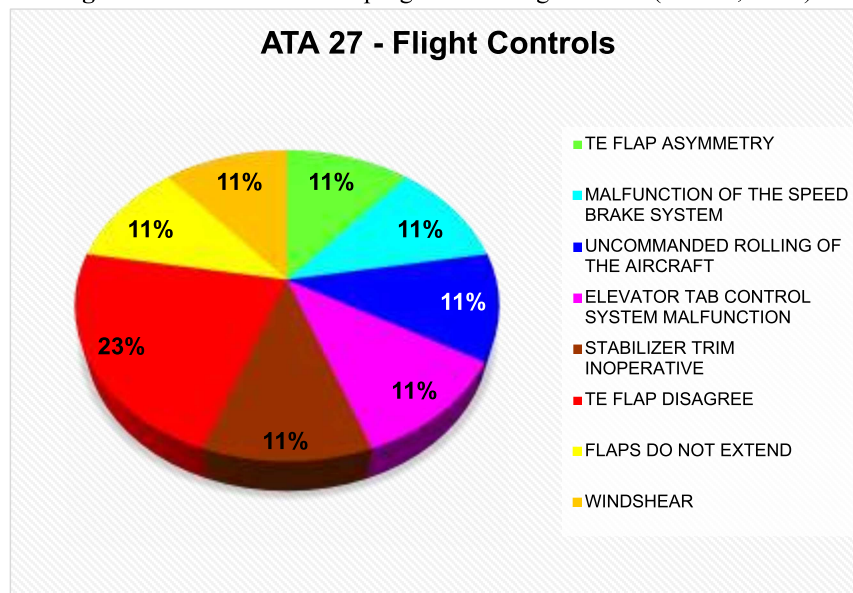


Figura 43 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 27 (ANAC, 2018).

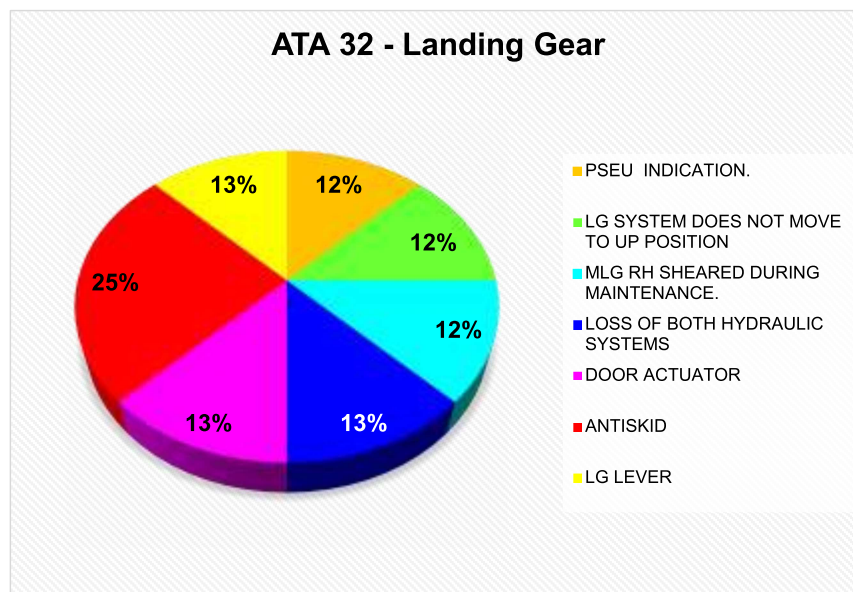


Figura 44 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 32 (ANAC, 2018).

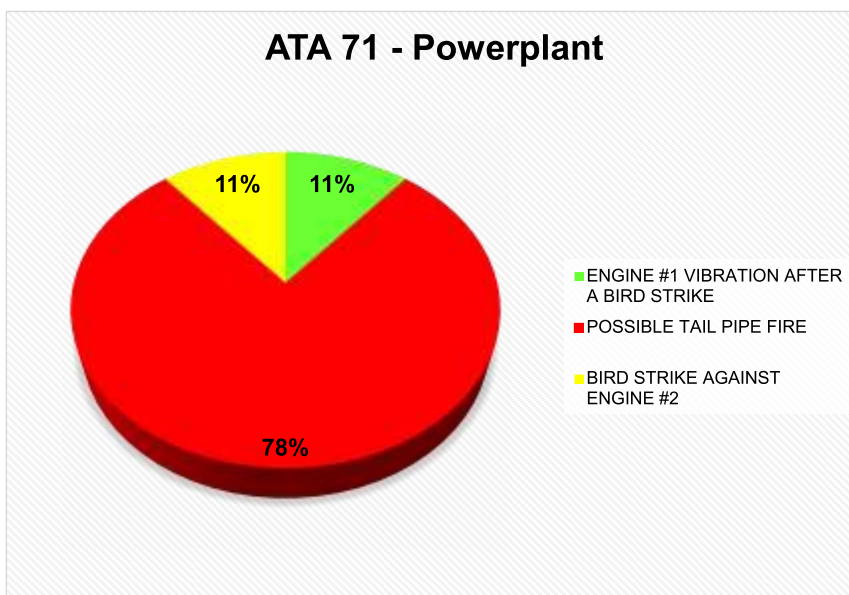


Figura 45 – Ocorrências no programa Boeing 737-800 relativas à ATA 71 (ANAC, 2018).

c) Programa Embraer EMB-145.

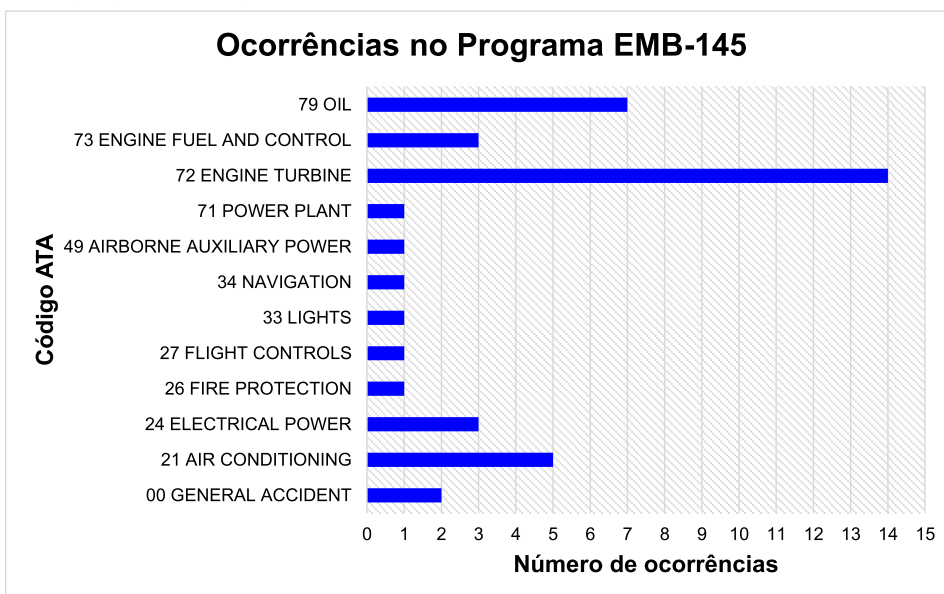


Figura 46 – Ocorrências no programa Embraer EMB 145 (ANAC, 2018).

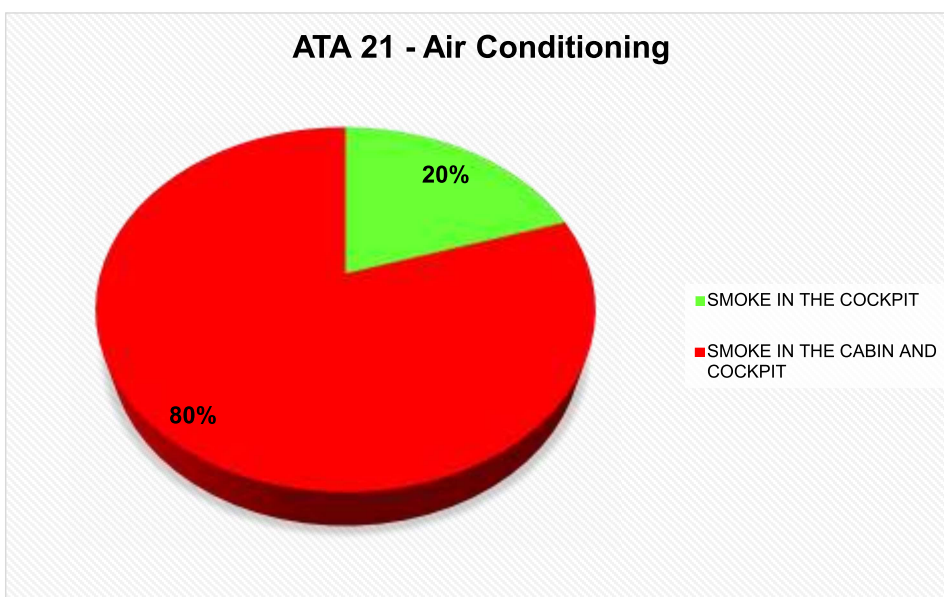


Figura 47 – Ocorrências no programa Embraer EMB 145 relativas à ATA 21 (ANAC, 2018).

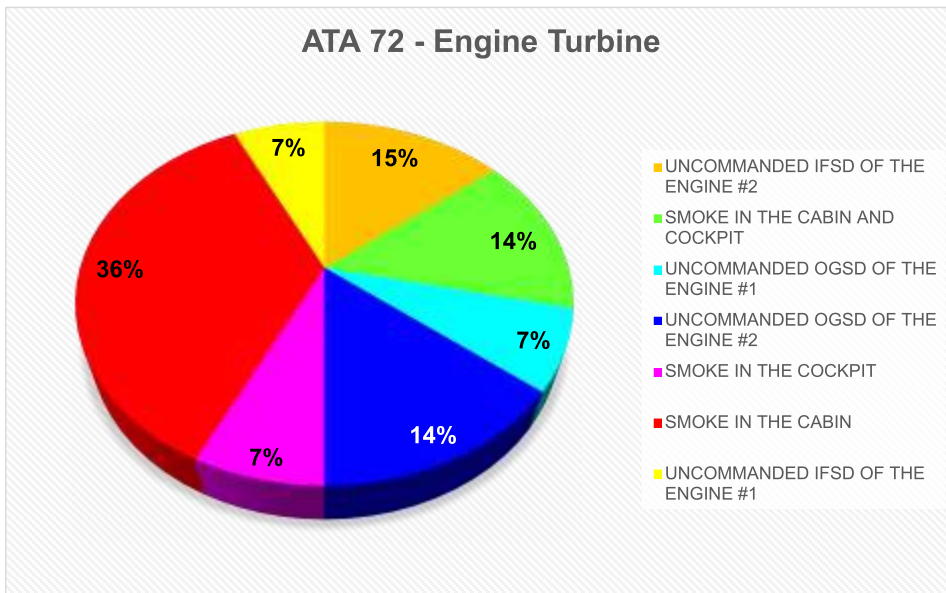


Figura 48 – Ocorrências no programa Embraer EMB 145 relativas à ATA 72 (ANAC, 2018).

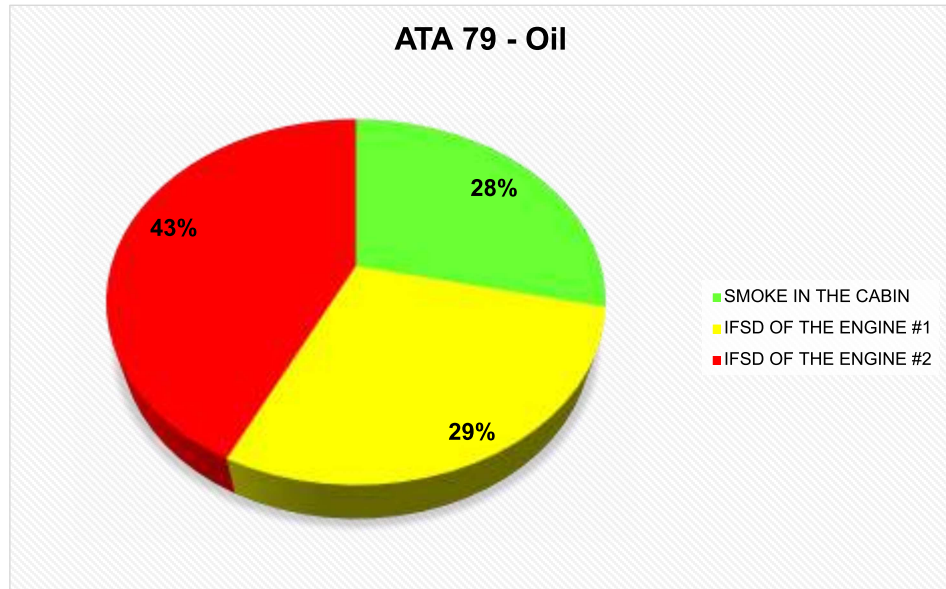


Figura 49 – Ocorrências no programa Embraer EMB 145 relativas à ATA 79 (ANAC, 2018).

d) Programa Embraer ERJ-190-200.

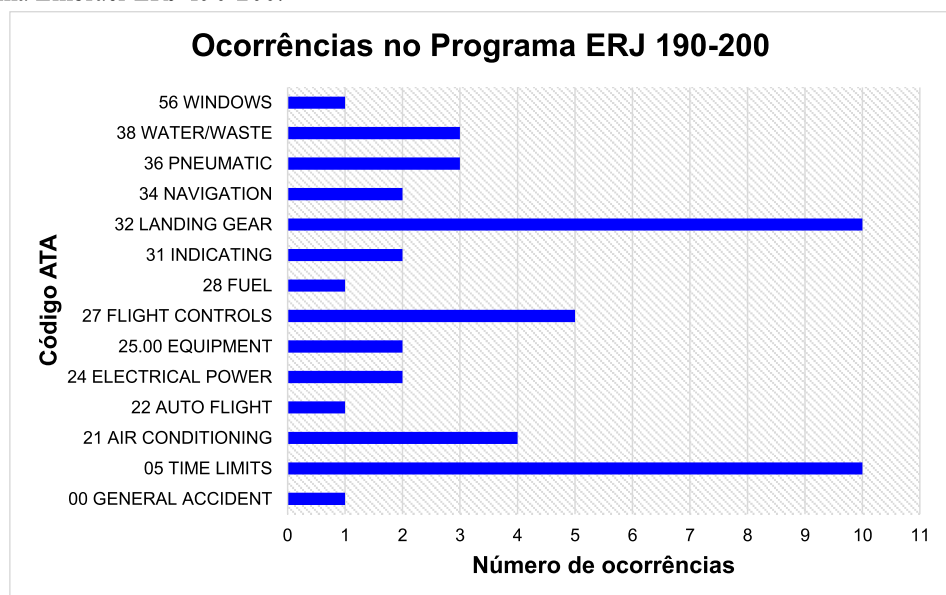


Figura 50 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 (ANAC, 2018).

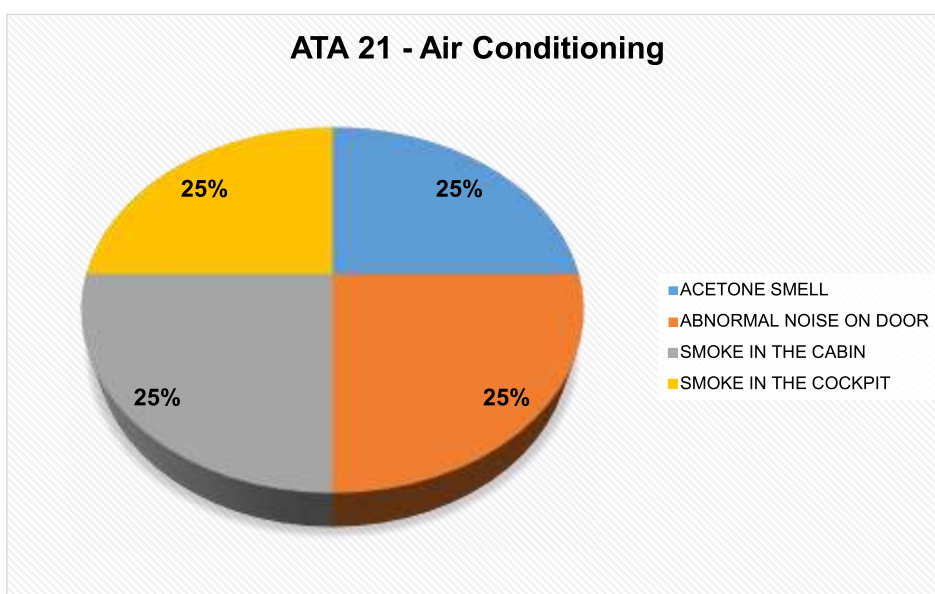


Figura 51 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 relativas à ATA 21 (ANAC, 2018).

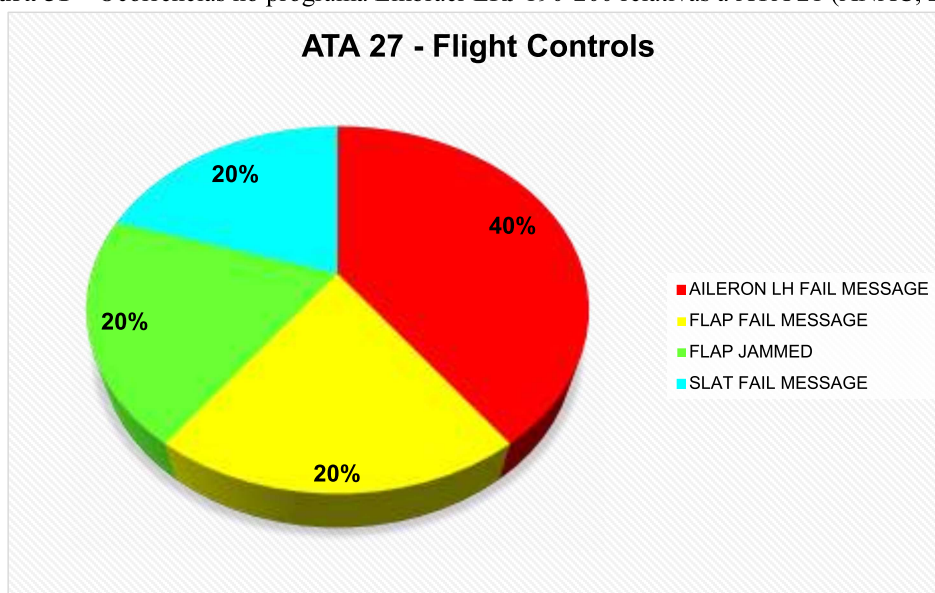


Figura 52 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 relativas à ATA 27 (ANAC, 2018).

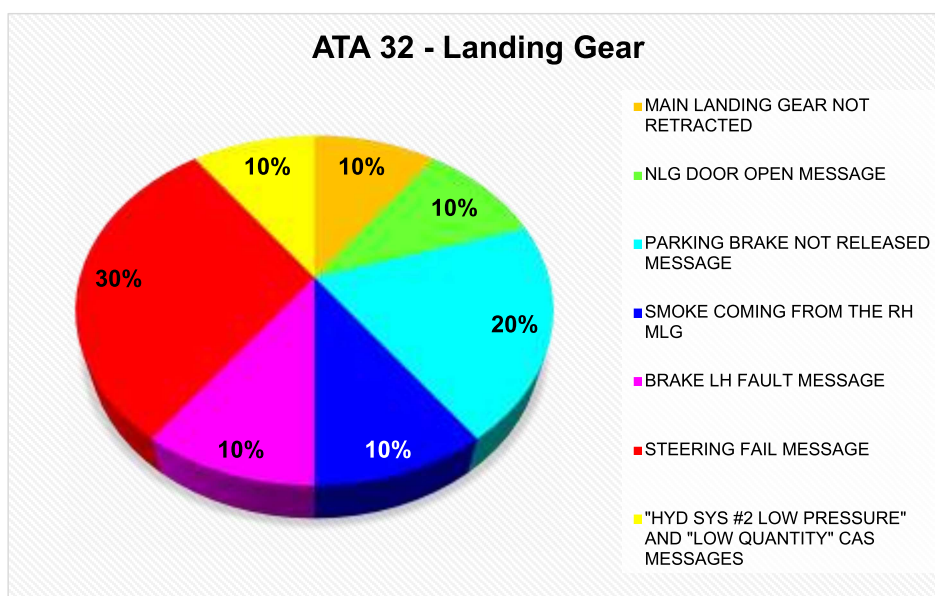


Figura 53 – Ocorrências no programa Embraer ERJ 190-200 relativas à ATA 32 (ANAC, 2018).

e) Programa Sikorsky S 76.

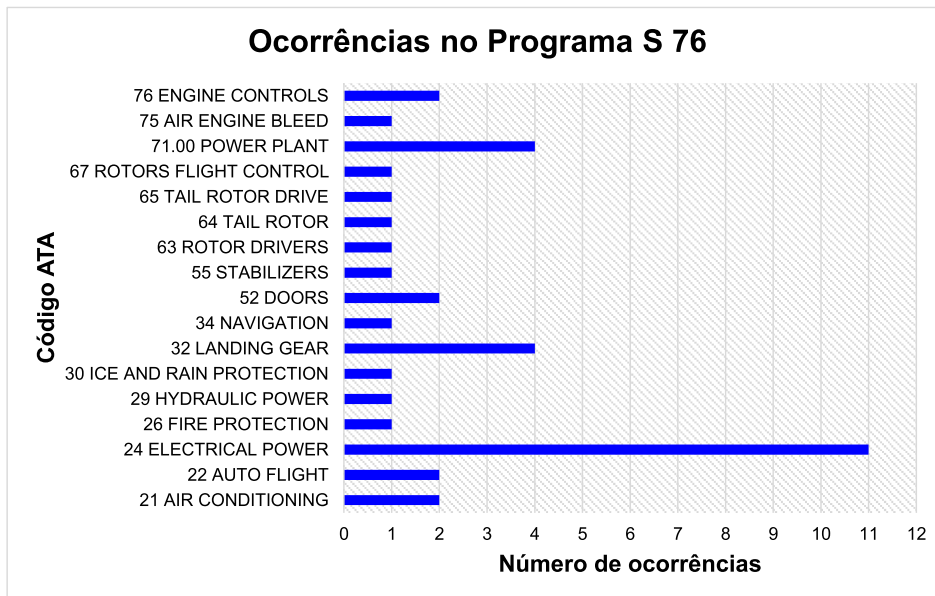


Figura 54 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 (ANAC, 2018).

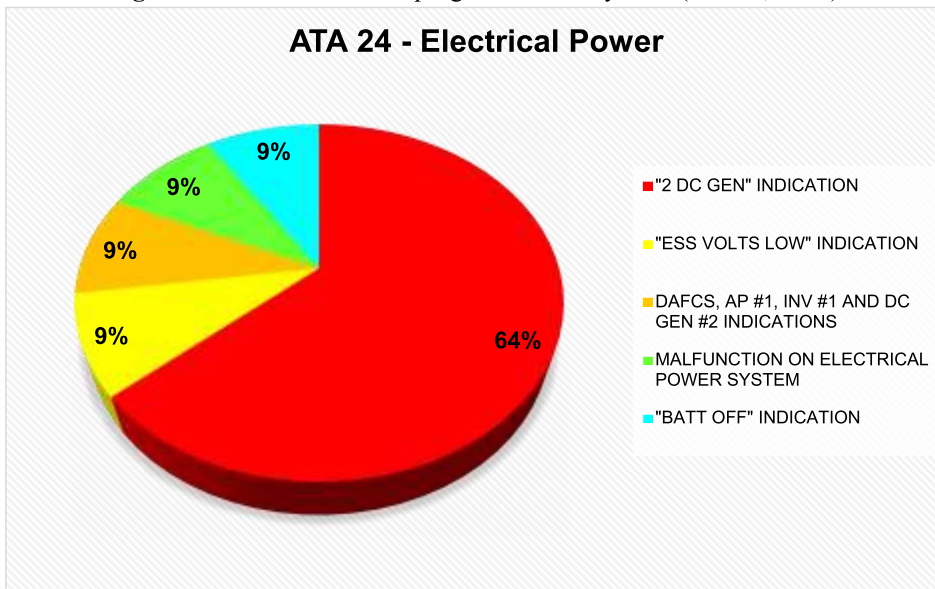


Figura 55 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 relativas à ATA 24 (ANAC, 2018).

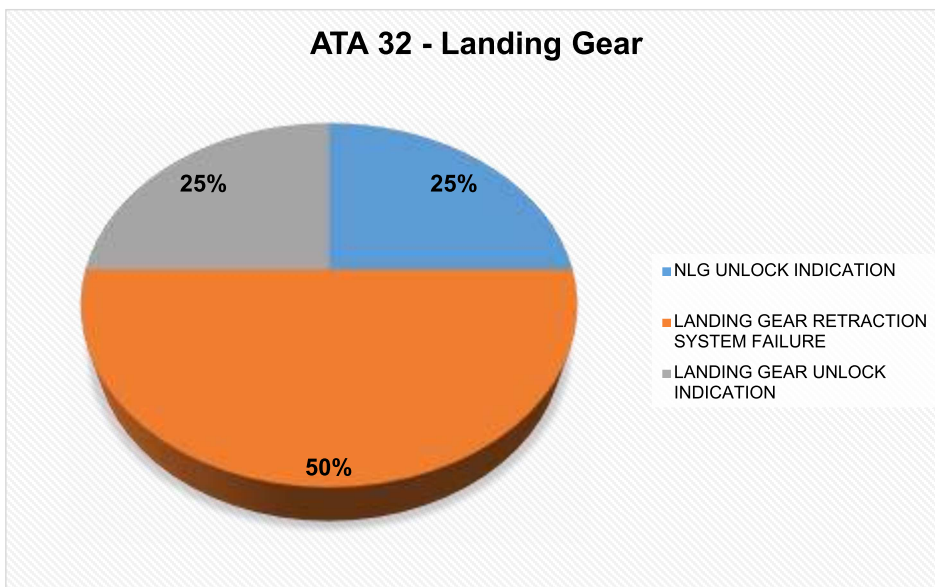


Figura 56 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 relativas à ATA 32 (ANAC, 2018).

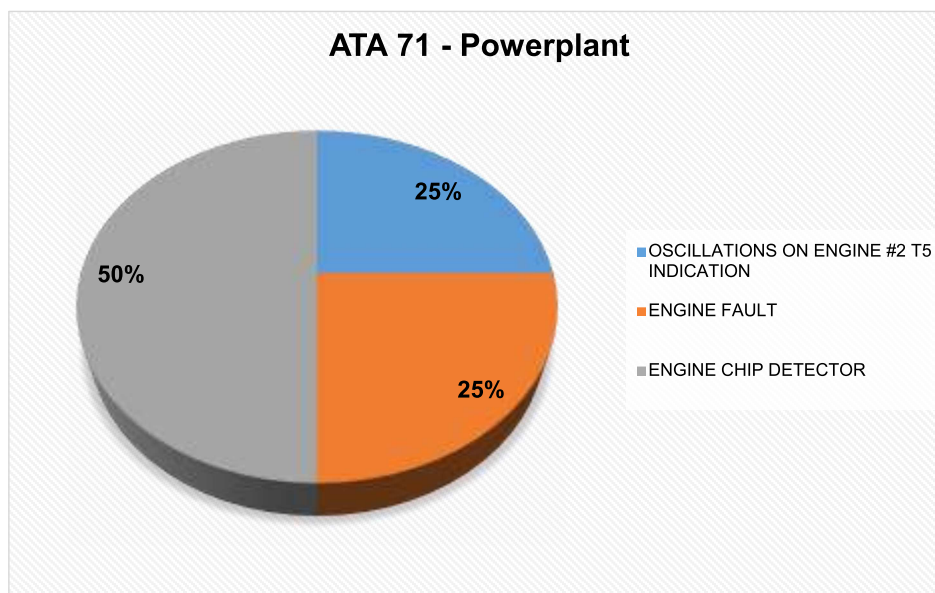


Figura 57 – Ocorrências no programa Sikorsky S 76 relativas à ATA 71 (ANAC, 2018).

7 CONCLUSÕES

Nota-se a ausência de relatórios oriundos de organizações de manutenção, embora haja alguns relatos submetidos durante a operação de manutenção, mas transmitidos por empresas aéreas. Este fato tem sido recorrente conforme Possi (2016) e Possi (2017).

A maior parte dos relatórios recebidos em 2017 possuem a origem nas empresas aéreas regidas pelo RBAC 121. Pode-se associar este fato devido ao tamanho da frota de algumas empresas aéreas no Brasil, assim como a frequência de suas operações.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Aviação Civil [ANAC]. *Sistema Integrado de Informações da Aviação Civil*. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/saci/> Acessado em 08 de junho 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.

Neurocognição e o emprego de aeronaves tecnologicamente avançadas: um novo campo a ser explorado na segurança de voo

Maurício Lorenzini Coelho¹, Margareth Hasse²

1 Graduado em Ciências Aeronáuticas com ênfase em Aviação Militar; Mestre em Ciências Aeronáuticas pela UNIFA; Editor de Educação em Segurança de Voo da Revista Conexão SIPAER – CENIPA; Elemento Credenciado em Prevenção de Acidentes pelo CENIPA; Gestor de Segurança Operacional pela ANAC; Professor de Segurança de Voo no Curso Superior em Tecnologia de Pilotagem Profissional de Aeronaves da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Universidade Tuiuti do Paraná - UTP, Coordenador e Professor do Curso de Pós-Graduação de *Safety* em Aviação na UTP, Membro do Grupo Pesquisa em Segurança de Voo da UTP.

2 Graduada em Psicologia pela Universidade Tuiuti do Paraná e em Psicologia - Licenciatura pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná; Mestre em Comunicação e Linguagens pela Universidade Tuiuti do Paraná, Doutoranda em Educação na Universidade Tuiuti do Paraná; Professora titular da disciplina Fatores Humanos no Curso Superior em Tecnologia de Pilotagem Profissional de Aeronaves da Faculdade de Ciências Aeronáuticas da Universidade Tuiuti do Paraná; Coordenadora do Curso de Pós-Graduação de *Safety* em Aviação na UTP, Membro do Grupo Pesquisa em Segurança de Voo da UTP.

RESUMO: A finalidade deste trabalho é apresentar parcela das atividades de pesquisa em desenvolvimento na Universidade Tuiuti do Paraná – UTP com a participação da Assessoria de Estudos de Segurança de Voo do CENIPA, com foco no emprego de aeronaves de pequeno porte tecnologicamente avançadas e as consequentes implicações para a segurança de voo. Os atuais estudos estão voltados para a análise bibliográfica relacionada com os processos neurocognitivos e suas relações com as novas tecnologias atualmente existentes em aeronaves tecnologicamente avançadas, na busca de compreender a interferência, ou favorecimento, dos processos sensoriais dos tripulantes em uma nova dinâmica de cabine, quando diante de sistemas automatizados embarcados e de demanda de carga de trabalho. Neste trabalho, realizado com base em estudos existentes de ocorrências aeronáuticas com aeronaves da categoria de transporte, são apresentados os mecanismos de alerta e atenção com suas características peculiares, e que são de extrema importância para a manutenção de uma condição de consciência adequada para as diversas etapas do voo. Propõe-se, assim, fornecer conhecimentos que possam ser utilizados por operadores aéreos e investigadores de acidentes aeronáuticos para a compreensão do processamento de informações pelo cérebro humano quando em condição automatizada de voo.

Palavras Chave: Neurocognição. Segurança de Voo. Automação. Tecnologia.

Neurocognition and employment of technologically advanced aircraft: a new field to be exploited in flight safety

ABSTRACT: The purpose of this paper is to present a portion of the research activities under development at the Tuiuti University of Paraná - UTP, with the participation of CENIPA's Flight Safety Studies Advisory Committee, focusing on the operation of technologically advanced small aircraft and the consequent implications for flight safety.

The current studies are focused on the bibliographic analysis related with the neurocognitive processes and their relation with the new technologies currently existing in technologically advanced aircraft, in the search to understand the interference or favoring of the crew sensorial processes in a new cockpit dynamic, when faced with embedded automated systems and workload demand. In this paper, based on existing studies of aeronautical occurrences with transport category aircraft, alert and attention mechanisms is presented with their peculiar characteristics, which are extremely important for the maintenance of an adequate consciousness condition in different flight stages. It is therefore proposed to provide knowledge that can be used by air operators and aeronautical accident investigators to understand the information processing by the human brain when in an automated flight condition.

Key words: Neurocognition. Flight Safety. Automation. Technology.

Citação: Coelho, ML, Hasse, M. (2018) Neurocognição e o Emprego de Aeronaves Tecnologicamente Avançadas: Um Novo Campo a ser Explorado na Segurança de Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 9, No. 3, pp. 82-90.

1 INTRODUÇÃO

Para iniciar os estudos que possibilitassem a compreensão da relação do ser humano com os novos sistemas embarcados nas aeronaves de pequeno porte, uma interação humano-computador, buscou-se analisar os relatórios finais de acidentes com as aeronaves tecnologicamente avançadas da categoria de transporte, dado o histórico existente na mudança da carga de trabalho e do desempenho de tarefas de seus tripulantes, demandando níveis cognitivos mais elevados de planejamento e monitoramento de sistemas.

Ao analisarmos os relatórios finais dos acidentes ocorridos com as aeronaves Airbus A-320 da TAM, Airbus A-330 da Air France, Boeing 777 da Asiana, ocorridos em 2007, 2009 e 2013 respectivamente, e identificarmos descrições de ocorrências relacionadas à automação, buscamos compreender qual o pano de fundo presente nesses eventos: o que se passa no cérebro do tripulante quando se concentra deliberadamente, e, por vezes, de forma prolongada, sobre alguma informação nos painéis?

Haveria alguma instância neuronal que decide quais informações alcançam a consciência e quais são? Que interferências pode sofrer a atenção quando o contexto se torna complexo devido a quantidade variada de informações, e o que pode ocorrer com a memória quando diante das mesmas condições? De que forma as intensões, necessidades e expectativas influenciam a percepção? Qual seria o modelo mental ideal para o gerenciamento da automação das cabines de comando das modernas aeronaves? Haveria a possibilidade de conflito entre modelos mentais distintos, provocando uma ruptura cognitiva em momentos de gerenciamento de crise na cabine automatizada?

Com esses questionamentos e dispostos a conjugar esforços para incentivar e facilitar a cooperação científica na realização de projetos de pesquisa com foco na segurança de voo, um grupo de pesquisadores da Universidade Tuiuti do Paraná - UTP e integrantes do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA iniciou estudos relacionados com aeronaves de pequeno porte tecnologicamente avançadas e as consequentes implicações para a segurança de voo, reunindo profissionais das áreas de psicologia, pedagogia, treinamento aeronáutico e segurança de voo.

Os estudos tem por objetivo identificar fatores contribuintes de acidentes aeronáuticos, relacionados ao emprego de novas tecnologias, sob o enfoque da neurocognição. Dada a multidisciplinaridade das questões neurocientíficas e a participação de variados especialistas, acredita-se que a pesquisa permitirá compreender com mais clareza os fatores humanos que tenham relação com a integração de tripulantes aos ambientes automatizados das cabines de comando das aeronaves de pequeno porte, através dos estudos dos mecanismos neuronais, e melhor esclarecer como o cérebro organiza a traduz a realidade captada pelos sentidos humanos envolvidos nas atividades de pilotagem manual e automatizada (tato, visão, audição e a cinestesia).

Espera-se, assim, que as respostas advindas das indagações possam facilitar a compreensão dos fenômenos neurocognitivos, auxiliando a elaboração de programas de treinamento mais adequados às aeronaves portadoras de aviônica *glass cockpit* e ao controle automatizado das funções do gerenciamento do voo, bem como auxiliar os investigadores de acidentes quando na busca de fatores que possam ter contribuído para uma ocorrência aeronáutica inserida num contexto de automação.

2 METODOLOGIA

Iniciados os trabalhos, identificou-se a necessidade de se buscar a fundamentação teórica da neurocognição, trabalhos acadêmicos já desenvolvidos sobre automação, incluindo os órgãos internacionais reguladores da aviação civil, os dados constantes dos relatórios finais de acidentes relacionados ao mesmo tema, e entrelaçá-los para o desenvolvimento de um modelo de provas que possibilite as condições ideais de voo simulado em ambiente automatizado.

Entendeu-se que, dessa forma, os conhecimentos daí advindos seriam compatíveis com a demanda gerada pela proposta da pesquisa e possibilitando, posteriormente, que gestores das áreas de treinamento, operações, segurança operacional e investigadores de acidentes aeronáuticos pudessem se beneficiar desse diálogo entre a neurocognição e a automação.

A etapa atualmente em andamento está sendo dedicada ao entendimento da contribuição da neurocognição nos eventos relacionados com a automação, apresentado parcialmente neste trabalho. Assim, o grupo tem-se apoiado nos conhecimentos da neurociência aplicada à aprendizagem, com escopo nos processos sensoriais, nos mecanismos de atenção, percepção e memória que possam influenciar os processos neurocognitivos dos tripulantes, diante do afastamento dos comandos de voo que se deu com a evolução da automação das aeronaves de transporte (figura 2).

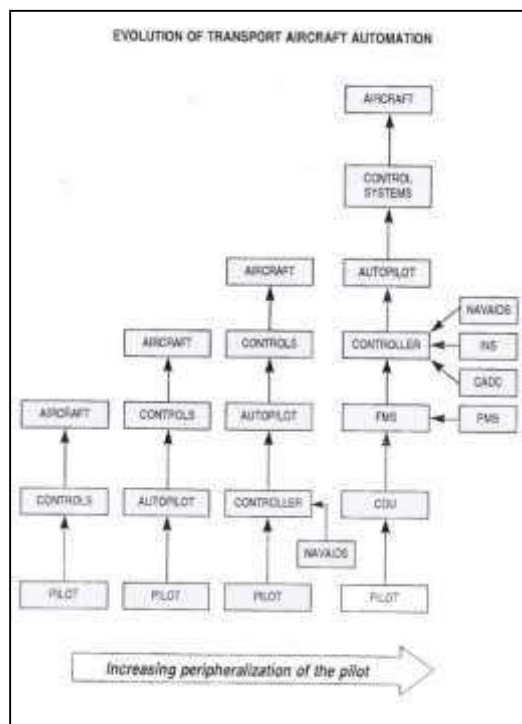


Figura 2 – Evolução da automação das aeronaves de transporte. (Fonte: ICAO Doc 9683-NA/950).

3 A AUTOMAÇÃO

A introdução da automação nas cabines de voo tem proporcionado uma elevada melhoria nos sistemas de segurança, na eficiência na navegação e economia nas operações. No entanto, ao mesmo tempo, impondo custos às operações que, muitas vezes, são manifestadas em forma de conflito com os modos de operação, erros de omissão (falhas do piloto para agir e intervir quando necessário) e surpresas com a automação.

A mudança de papel do tripulante, provocada pela automação, saindo do controle ativo e manual para o gerenciamento de sistemas automatizados, passa a exigir dele habilidades cognitivas não desenvolvidas em aeronaves com pouca ou quase nenhuma nova tecnologia embarcada, e que não se alinham facilmente com os modelos mentais¹ que os pilotos têm para a tarefa manual de voo (CAA, 2014). Os estudos realizados por Woods (1994), em simuladores de voo, confirmam que uma vez que as tarefas tendo sido delegadas aos sistemas automatizados, a capacidade humana em monitorá-los, muitas vezes, apresenta-se insuficiente para detectar problemas.

Nas discussões realizadas por Sheridan (1988), relativas ao conceito de supervisão dos sistemas de controle semiautomáticos, menciona que para cada função sequencial de supervisão, um modelo mental é assumido e um auxílio à decisão do computador é sugerido, mas alguns problemas com os modelos para alocação de atenção humana no controle da supervisão podem surgir. Caracteriza e discute alguns fatores que, em última instância, limitam a capacidade de modelar o comportamento humano em tais situações. Um primeiro fator é que as pessoas se preocupam com o fato de que os computadores podem fazer algumas tarefas muito melhor do que elas próprias, como a utilização da memória e a grande quantidade de cálculos numéricos realizados rapidamente. Um segundo fator é que o controle da supervisão tende a tornar as pessoas distantes das operações finais que deveriam supervisionar - distantes espacialmente, desincronizadas no tempo e interagindo com um computador ao invés de interagir com o próprio sistema. Um terceiro fator é que as pessoas perdem as habilidades perceptivo-motoras que em muitos casos lhes deram sua identidade.

Ainda com relação às questões investigadas sobre as limitações humanas em monitorar sistemas automatizados, a bibliografia encontrada fornece informações que corroboram com as colocações de Sheridan. Olson (2000), em sua pesquisa sobre a identificação e mitigação de riscos em automação de cabines menciona que além das restrições humanas para o monitoramento, existem dois motivos adicionais para esse desempenho relativamente fraco, e cita:

Primeiro, em cabines altamente automatizadas, a pesquisa mostra que os pilotos se afastaram do escaneamento geral dos instrumentos, passando a adotar uma estratégia de monitoramento baseada em expectativas, na qual eles verificam as indicações específicas dos painéis para confirmar se o sistema está funcionando como esperado. Como resultado, os pilotos são menos propensos a detectar ações automatizadas do sistema que vão além das expectativas dos pilotos. Por exemplo, a lógica em alguns FMC dita que, quando uma mudança é feita para uma determinada pista de pouso, todas as restrições verticais utilizadas até então são excluídas, pois podem não ser mais apropriadas. Uma vez que esta exclusão não é esperada, a pesquisa indica que os pilotos muitas vezes não verificam e, portanto, não detectam essa situação. Em segundo lugar, os sistemas automatizados geralmente fornecem feedback que não é suficientemente notável para atrair a atenção do piloto. Uma característica dos sistemas automatizados é que eles apresentam mais informações do que o piloto pode processar no tempo que lhe é disponível (sobrecarga de informações). Na ausência de indicações salientes (por exemplo, luzes intermitentes, mudanças de cor, etc.), os pilotos geralmente não prestam atenção a informações potencialmente relevantes.

Sobre o questionamento quanto a possibilidade de conflito entre modelos mentais distintos provocar uma ruptura cognitiva em momentos de gerenciamento de crise na cabine automatizada, e correlacionando com os motivos adicionais apresentado por Olson (2000) quanto ao fraco desempenho humano em monitorar sistemas automatizados, consta do Relatório Final do acidente do Airbus A-320 da TAM em 2007 que:

O sistema de automação do A-320 é complexo e leva o piloto a, inconscientemente, criar um modelo mental na tentativa de compreender a maneira como se processa a operação da aeronave e, assim, facilitar a sua interação com ela.

Ocorre que, como já foi visto, a mente humana só consegue formar modelos mentais simplificados, que podem até servir para a compreensão das

¹ Johnson-Laird sugere que as pessoas raciocinam com modelos mentais. Modelos mentais são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinados conforme necessário. Como quaisquer outros modelos, eles representam o objeto ou situação em si; uma de suas características mais importantes é que sua estrutura capta a essência (se parece analogicamente) dessa situação ou objeto (Hampson e Morris, 1996, p. 243).

operações normais, mas que são insuficientes para situações mais complexas e não rotineiras.

Como consequência, diante de uma situação anormal, cresce a importância dos sistemas de alerta da própria aeronave como provedores das informações para a manutenção da consciência situacional pela tripulação, em vista da fragilidade de seu modelo mental.

O próprio fabricante reconheceu esta importância ao desenvolver uma melhoria para o FWC, por meio da rotina H2F3, que aciona um alarme específico com uma mensagem no ECAM, alertando os pilotos de que um manete estaria numa posição acima de "IDLE" durante o pouso.

Entretanto, as autoridades responsáveis pela aeronavegabilidade continuada do A-320 consideraram que a não implementação desta modificação não afetaria a segurança da operação, não tendo sido emitida uma Diretriz de Aeronavegabilidade (DA) para sua instalação. A emissão de uma DA tornaria o dispositivo mandatório e obrigaria o fabricante a instalá-lo em todos os A-320 em operação.

Desta forma, a rotina H2F3 representou, unicamente, uma melhoria oferecida pelo fabricante, por meio de boletim de serviço, a todos os operadores de A-320, cabendo a cada um deles decidir pela sua implementação (arcando com os respectivos custos) ou não.

No caso específico do PR-MBK, o FWC não dispunha da rotina H2F3 instalada.

Desde o momento do pouso até a colisão da aeronave, os pilotos deram mostras de que não tinham a compreensão do que estava acontecendo, ou o conhecimento de como o sistema estava impedindo a parada da aeronave.

Diante dos conhecimentos coletados e analisados até o presente momento dos trabalhos de pesquisa, constata-se que as propriedades de funcionamento das novas tecnologias embarcadas estão demandando um olhar científico diferenciado que permita um conhecimento mais aprofundado sobre o operador humano em ambiente de cabines automatizadas.

Assim, com base na contribuição dos conhecimentos da neurocognição, acredita-se que seja possível compreender alguns dos fatores contribuintes de acidentes que tenham relação com a automação, principalmente os que podem promover o desengajamento cognitivo do piloto com relação à operação de aeronaves e possibilitando, assim, elevar a segurança na operação de voo.

4 NEUROCOGNIÇÃO APLICADA À APRENDIZAGEM

O enfoque dado à aprendizagem, na revisão dos conhecimentos relativos a neurociências, advém do entendimento de que a tecnologia de automação embarcada requer um processo instrucional teórico e prático adequado, como citado por Wierne e Curry (1980) na proposição para um dos princípios da automação, relativo à classificação das tarefas de controle:

É necessário um treinamento extensivo para os operadores que trabalham com equipamentos automatizados, não só para garantir o bom funcionamento e configuração, mas para transmitir um conhecimento sobre a correta operação (para detecção de anomalia) e procedimentos de mau funcionamento (para diagnóstico e tratamento).

Portanto, o treinamento envolve processos neurocognitivos para a apreensão do funcionamento de sistemas automatizados e sua operação segura, pois a complexidade de muitos dos sistemas pode exigir um nível mais alto de compreensão inicial e habilidade operacional do que era necessário com as aeronaves menos modernas.

O entendimento da organização geral e funcional do sistema nervoso nos possibilita compreender como tomamos consciência das informações que chegam pelos órgãos dos sentidos e como processamos essas informações, comparando-as com as nossas vivências e expectativas, e como nosso corpo atua no ambiente através de respostas voluntárias e involuntárias, bem como nos traz o entendimento dos fatores que podem impedir uma adequada tomada de consciência (CONCENZA, 2011).

5 OS PROCESSOS SENSORIAIS

O intercâmbio que estabelecemos com tudo ao nosso entorno, nos diversos meios em que vivemos e transitamos ao longo de nossas vidas, é estabelecido pelo nosso sistema nervoso. Nessa interação, estabelecem-se as comunicações entre o meio ambiente externo ao redor e as partes internas do nosso organismo. O sistema nervoso possibilita, desta forma, a identificação das características do ambiente e a produção de respostas adaptativas de modo a garantirmos a nossa sobrevivência.

Ao longo da evolução animal, o nosso aparato sensorial se desenvolveu para que os órgãos dos sentidos pudessem captar a energia existente no ambiente através de sensores específicos. Apesar de não sermos capazes de perceber as muitas formas de energia existentes no ambiente, os nossos órgãos dos sentidos (visão, audição, tato, olfato, paladar e a cinestesia), através dos seus receptores, nos permitem captar determinadas frequências de energia e enviar essas informações específicas, pelas cadeias neuronais, até o córtex cerebral, onde se tornará consciente (GUERRA, 2000).

O cérebro, o componente mais importante do sistema nervoso, é o órgão que nos permite tomar consciência das inúmeras informações que chegam através dos órgãos dos sentidos, após transitarem por circuitos nervosos compostos por dezenas de bilhões de células nervosas denominadas **neurônios** (figura 3).

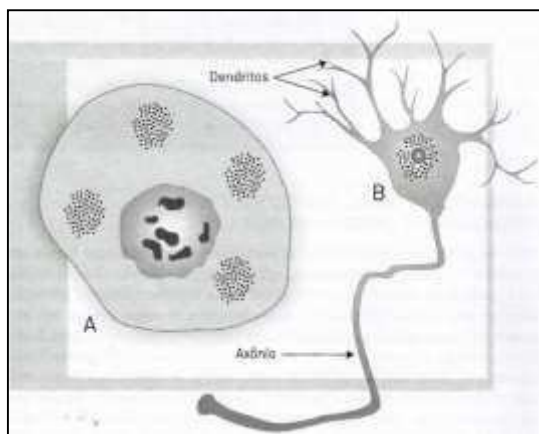


Figura 3 – Célula comum (A) e Neurônio (B). (Fonte: COSENZA).

Nesse processo, cada neurônio dispara impulsos nervosos dezenas de vezes por segundo. Porém, a informação, para ser transmitida de um neurônio para outro, depende da porção final do prolongamento neuronal da célula denominado **axônio** (figura 3). Esses locais de encontro dos prolongamentos neuronais das células, onde acontece a passagem da informação entre elas, são denominados **sinapses** (figura 4).

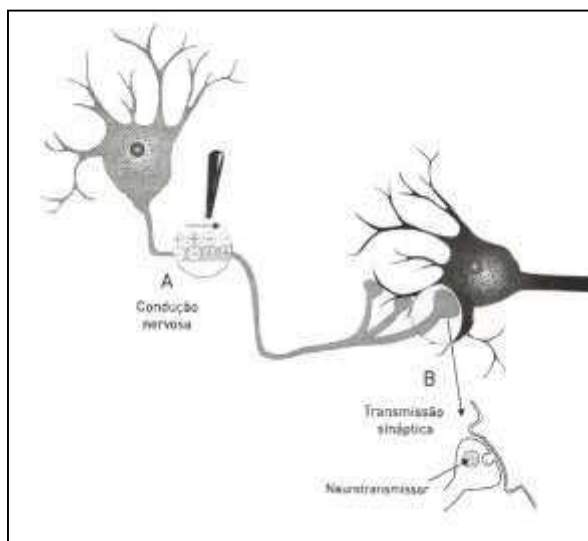


Figura 4 – Condução nervosa através de mecanismo elétrico (A) e transmissão sináptica (B). (Fonte: COSENZA).

Essa comunicação é feita por meio de uma substância química, um neurotransmissor, que liberado na região das sinapses atua na membrana da outra célula e regula a passagem da informação no sistema nervoso, tendo uma importância fundamental nos processos de aprendizagem (COSENZA, 2011, p. 13).

Esse processo do trânsito da informação pelo sistema nervoso é que permite passar da pura e simples captação de mensagem sensorial (forma, cor, som, sabor, odor, impressões táteis ou a posição e os movimentos do corpo) ao reconhecimento de algo familiar e dotado de sentido (FREEMAN, 2000), sendo esta interação com o nosso entorno uma experiência multissensorial.

Este é o aparato utilizado para interagir com o ambiente da cabine de comando de uma aeronave, seja ela instrumentada com tecnologia analógica ou digital. Tudo o que é manipulado, visto, ouvido e sentido nesse espaço de trabalho é percebido por áreas especializadas do córtex cerebral, que processam esses dados e dão a eles significados que permitem a decisão e a ação através de respostas mecânicas ou verbais.

Evidentemente que as representações visuais e funcionamento dos instrumentos analógicos diferem em muito dos novos sistemas de apresentação das informações do estado da aeronave durante o voo, fornecidas através dos diversos displays no painel de instrumentos e que variam conforme a arquitetura de automação adotada. Estes são cenários de operação distintos e que requerem uma mudança de postura para a manutenção da vigilância e atenção durante o voo.

6 O ESTADO DE ALERTA E DE ATENÇÃO

A quantidade de informações que chegam até nós pelos receptores sensoriais periféricos é de cerca de 400 bilhões de bits por segundo. Obviamente não percebemos nem processamos essa quantidade impressionante de informações. Estima-se que por nossa consciência passam apenas 2 mil bits por segundo (ARNTZ, 2007).

O nosso cérebro não tem a capacidade de processar ao mesmo tempo todas as informações que chegam pelas vias receptoras, apesar dos bilhões de células interligadas por trilhões de sinapses. O mecanismo utilizado, e que permite a seleção da informação que é importante, se dá pelo fenômeno da **atenção**. Segundo Guerra (2011) “através dele somos capazes de focalizar em cada momento determinados aspectos do ambiente, deixando de lado o que for dispensável”.

O sistema nervoso possui centros reguladores do processo de seleção da informação que permite que possamos, conscientemente, canalizar a atenção a determinados estímulos enquanto ignoramos outros. Há, ainda, a adaptação a uma estimulação prolongada por parte dos receptores sensoriais, que deixam de perceber o estímulo que neles chegam.

Quando se analisa a atenção, deve-se considerar um aspecto importante do funcionamento do cérebro: o nível de vigília ou de alerta em que ele se encontra em determinado momento. O estado de alerta tanto pode contribuir quanto prejudicar a atenção e o processamento cognitivo. Assim, para que o cérebro possa manipular a atenção e focar a consciência em eventos notáveis e, ainda, em algumas características especiais que for julgada importante, deve-se manter um nível adequado de alerta (COSENZA, 2011).

O cérebro possui um sistema funcional, localizado no mesencéfalo, que é responsável pela regulação nos níveis de vigília, ou alerta, denominado Locus Ceruleus (local azul) (figura 5).

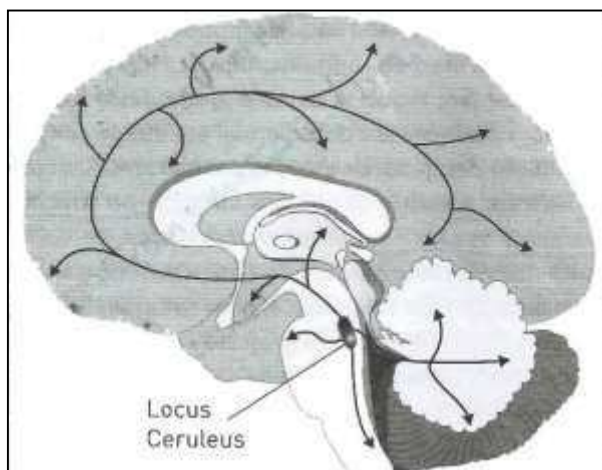


Figura 5 – Locus Ceruleus (Fonte: COSENZA).

Este grupo de neurônios de cor azulada produz um neurotransmissor, a noradrenalina, importante para a regulação do estado de alerta. Assim, este circuito neuronal que se dedica à regulação da vigília, é o responsável por governar o estado de atenção do cérebro. Portanto, para que se tenha um nível de alerta compatível com o ambiente em que se encontra, ou ao momento em que está vivenciando algum evento, o ser humano deve estar com um estado de vigília adequadamente ajustado à esta demanda.

De acordo com Hawkins (1987) “estados de alerta, ou vigília, são especialmente importantes quando é considerada a carga de trabalho na cabine, que varia amplamente em diferentes fases do voo”.

Ao se estabelecer a relação estado de alerta versus fase do voo, deve-se considerar que a carga de trabalho necessária varia conforme a dificuldade da tarefa, da prioridade da tarefa e das contingências situacionais. Varia também de acordo com a demanda cognitiva, ou neurocognitiva, para a manutenção da atenção e dos recursos para o suporte ao processamento de informações, tais como a percepção, atualização da memória, planejamento, processo decisório e processamento das respostas. Além disso, essa relação é modulada por diferenças individuais, tais como o conjunto de habilidades e experiência individual (SALVENDY, 2012).

Estabelecido o estado de alerta adequado, a atenção pode ser regulada de “baixo para cima” e de “cima para baixo”. Na primeira condição, também chamada de **atenção reflexa**, os estímulos periféricos e suas respectivas características, como a novidade ou o contraste, desempenham um papel importante no processamento neuronal das informações. Ao ser regulada pelos aspectos centrais do processamento cerebral, “de cima para baixo”, a **atenção voluntária** se vale de aspectos internos do organismo, da opção pessoal estabelecida por um contexto específico ou por um objetivo a ser alcançado (GUERRA, 2011).

Assim, quando o *Ground Proximity Warning System* (GPWS) alerta um piloto, através dos recursos aural e visual, quando a aeronave se aproxima perigosamente do terreno ou de um obstáculo, a atenção reflexa é ativada para que as informações sejam processadas e uma resposta imediata seja adotada. Se o mesmo piloto procura por informações, nos displays dos sistemas

automatizados da aeronave, necessárias à uma tomada de decisão ou simplesmente para consultar algum parâmetro, ele está fazendo uso da atenção voluntária.

Mas o foco de atenção pode ser desligado de um determinado alvo e ser desviado para outro local e, ainda, ser mantido por tempo prolongado em um ponto, ao mesmo tempo em que outros estímulos provocadores de distração são inibidos. Os sistemas ou circuitos reguladores envolvidos nesses processos são o **circuito orientador** e o **executivo**, respectivamente.

O circuito orientador permite, ainda, que haja um redirecionamento do foco de atenção para outros sistemas sensoriais, podendo-se privilegiar a visão ao invés da audição, ou vice-versa.

O Relatório Final de acidente do voo AF 447, com uma aeronave Airbus 330-203 da Air France, cita na sua página 105, no item que trata da resposta a avisos auditivos:

Numerosos estudos foram realizados sobre a insensibilidade aos avisos auditivos e eles mostraram que a natureza agressiva, a raridade e a falta de confiabilidade dessas advertências podem levar os operadores a ignorar esses sinais. Em particular, no caso de uma pesada carga de trabalho, a insensibilidade aos avisos auditivos pode ser causada por um conflito entre estes avisos e as tarefas cognitivas em andamento. A capacidade de chamar a atenção para esta informação é muito desgastante, pois isso requer a utilização de recursos cognitivos que já estão envolvidos na tarefa que está sendo executada. O desempenho de uma dessas tarefas (solução do problema ou o aviso), ou de ambos, seria afetado.

Além disso, os estudos sobre o conflito visual-auditivo mostram uma tendência natural de favorecer percepção visual a auditiva quando a informação é contraditória e conflitante, ou visto como tal, quando apresentado para ambos os sentidos. A pilotagem, com elevada atividade visual, poderia levar os pilotos a um tipo de insensibilidade auditiva ao surgimento de avisos auditivos que são raros e em contradição com a informação da cabine.

Um estudo recente em eletrofisiologia em uma tarefa de pilotagem parece confirmar que o surgimento de tais conflitos visual-auditivos, em uma situação de carga de trabalho elevada, se traduz em um mecanismo de seletividade de atenção que favorece a informação visual e leva a desconsiderar avisos auditivos críticos.

Com relação a atenção executiva, afirma Cosenza (2011) que “exerce uma função importante nos mecanismos de autorregulação, ou seja, com a capacidade de modular o comportamento de acordo com as demandas cognitivas, emocionais e sociais de uma determinada situação”. Assim, pode-se inferir que fortes cargas emocionais negativas podem interferir na atenção ao processamento cognitivo, provocando uma degradação do mesmo.

Ainda, no mesmo Relatório Final, observa-se a seguinte observação mencionada na página 199:

A ocorrência da falha no contexto do voo em cruzeiro surpreendeu completamente os pilotos do voo AF 447. As dificuldades aparentes com o manuseio de avião em alta altitude, e em turbulência, levou a entradas excessivas de rolagem e de atitude de nariz alto comandadas pelo PF. A desestabilização resultante da trajetória de voo e a evolução na atitude de arfagem e da velocidade vertical foi adicionada aos erros de indicação de velocidade e mensagens do ECAM, o que não ajudou com o diagnóstico. A tripulação, progressivamente tornando-se desestruturada, provavelmente nunca entendeu que enfrentava uma "simples" perda de três fontes de informação de velocidade.

No minuto que seguiu a desconexão do piloto automático, a falha nas tentativas para entender a situação e a desestruturação da cooperação da tripulação foi crescente entre os tripulantes, até a perda total do controle cognitivo da situação.

Mesmo tendo diversos recursos para a sua regulação, o mecanismo atencional humano não apresenta o mesmo desempenho quando a atenção é dividida pela utilização de canais sensoriais diferentes, provocando a perda de aspectos importantes da informação. Esse comportamento ocorre, principalmente, se a demanda de um dos canais é aumentada (GUERRA, 2000). Ao tentar dividir a atenção, o cérebro sempre processará melhor uma informação de cada vez.

No acidente do Boeing 777 da empresa Asiana, ocorrido em 2013 no Aeroporto Internacional de São Francisco, em que minutos antes do impacto o Piloto em Comando assume manualmente o voo, o Relatório Final menciona que:

A pesquisa de fatores humanos demonstrou que os operadores de sistemas geralmente se tornam complacentes quanto ao monitoramento de sistemas automatizados altamente confiáveis quando eles desenvolvem um alto grau

de confiança nesses sistemas e quando tarefas manuais competem com tarefas automatizadas para a atenção do operador. Esse fenômeno ocorre tanto em operadores iniciantes como experientes e não pode ser facilmente superado através da prática (Parasuraman e Manzey 2010, 381-410).

Os recursos de atenção são limitados, de modo que deslocá-los para tarefas automatizadas e para tarefas controladas manualmente durante períodos de aumento da carga de trabalho pode ser visto como adaptativo, porque uma das funções da automação é facilitar a carga de trabalho do operador. No entanto, o uso de tais sistemas tem consequências adversas previsíveis sobre o desempenho humano. Especificamente, reduz o monitoramento e diminui a probabilidade de um operador humano detectar sinais de comportamento anômalo ou inesperado do sistema envolvendo os processos sob controle automático.

Nesse caso, o PF, PM e o observador acreditavam que o sistema A/T estava controlando a velocidade com empuxo, eles possuíam um alto grau de confiança no sistema automatizado e eles não acompanharam de perto estes parâmetros durante um período de carga de trabalho elevada. Assim, a monitoração inadequada das indicações de velocidade e potência por parte da tripulação de voo parece corresponder a esse padrão envolvendo dependência de automação.

O NTSB conclui que a monitoramento insuficiente da tripulação de voo das indicações de velocidade durante a aproximação provavelmente resultou da expectativa, do aumento da carga de trabalho, da fadiga e da dependência da automação.

Percebe-se, até aqui, que algumas limitações humanas podem provocar um maior risco para segurança quando os tripulantes interagem com os sistemas automatizados da aeronave. Compreender essas limitações, sob o enfoque das neurociências, poderá auxiliar na segurança das operações e na prevenção de acidentes no atual e futuro ambiente de tráfego aéreo.

7 PRÓXIMOS PASSOS

No decorrer dos atuais estudos comparativos que estão sendo realizados no entrelaçamento dos conhecimentos relacionados à neurocognição e à automação, outros serão incorporados e desenvolvidos ao longo da pesquisa com a finalidade de associar os processos neurocognitivos com as abordagens dominantes dos estudos relacionados aos modelos mentais propostos por Johnson-Laird (1983), a Interação Humano-Computador (IHC), da Engenharia Cognitiva proposta por Don Norman (1986), a automação, e a ergonomia e fatores humanos, bem como a construção e aplicação de um modelo de provas que possibilite a observação de tripulantes durante uma condição de voo simulado, em ambiente de cabine tecnologicamente avançada, para que sejam confrontados com os conhecimentos reunidos na fase de análise da bibliografia especializada disponível.

8 CONCLUSÃO

Embora sejam indiscutíveis os benefícios advindos com as novas tecnologias embarcadas, com importantes contribuições para segurança, precisão e eficiência dos sistemas, a automação também traz no seu conjunto novas oportunidades de erros, dada a mudança de papel do piloto. O tripulante, ao passar da posição de controlador do sistema para o de supervisor do sistema, torna-se responsável por instruir, monitorar e intervir com sistemas automatizados, deixando de atuar manualmente nos comandos de voo.

Esse novo papel requer dele habilidades cognitivas que não se alinham facilmente com os modelos mentais que os pilotos têm para a tarefa manual de voo sendo, assim, necessário compreender com mais clareza os fatores humanos que tenham relação com a integração de tripulantes aos ambientes tecnologicamente avançados das cabines de comando, através dos estudos dos mecanismos neuronais, e melhor esclarecer como o cérebro organiza e traduz a realidade captada pelos sentidos humanos envolvidos nas atividades de pilotagem manual e automatizada (tato, visão, audição e a cinestesia).

Com base no exposto sobre os processos neurocognitivos, mesmo que de forma resumida, em especial os estados de alerta e de atenção, entende-se que seja adequada uma compreensão por parte de tripulantes, gerentes de treinamento, de segurança operacional e de investigadores de acidentes aeronáuticos, dos mecanismos que o cérebro humano dispõe para a manutenção de uma consciência situacional condizente com as diversas circunstâncias encontradas durante o voo, sejam condições anormais ou de emergência que porventura possam acontecer, seja pela variação da demanda de carga de trabalho na cabine de comando automatizada.

REFERÊNCIAS

- ARNTZ, W. **Quem somos nós? A descoberta das infinitas possibilidades de alterar a realidade diária**. Rio de Janeiro: Prestígio Editorial, 2007.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório Final A – Nº 67/CENIPA/2009**. Brasília. 2009.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- CANADÁ. International Civil Aviation Organization. **Circular 234-AN/14 – Human Factors Digest nº 5**. Montreal. 1992.
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board. **Accident Report NTSB/AAR-14/01- PB2014-105984**. Washington. 2014.
- FRANÇA. Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile. **Final Report F-GZCP**. Paris. 2012.
- FREEMAN, W. J. **How Brains Make Up Their Minds**. Columbia University Press, New York: 2001.
- HAWKINS, F. H. **Human factors in flight**. Inglaterra: Gower Technical Press. Ltd., 1987.
- INGLATERRA. Civil Aviation Authority. **Paper 2004/10 Flight Crew Reliance on Automation**). Safety Regulation Group, West Sussex: 2004.
- LAIRD, J.P.N. **Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness**. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates Inc.: 1983.
- NORMAN, D.A. **User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction**. Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates Inc.: 1986.
- OLSON, W.A. **Identifying and Mitigating the Risks of Cockpit Automation**. Maxwell Air Force Base. Alabama. 2000.
- SALVENDY, G. **Handbook of Human Factors and Ergonomics - Fourth Edition**. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- SHERIDAN, T.B. **Handbook of Human-Computer Interaction, Chapter 8 – Task Allocation and Supervisory Control (páginas 159–173)**. Canadá: 1988.

....