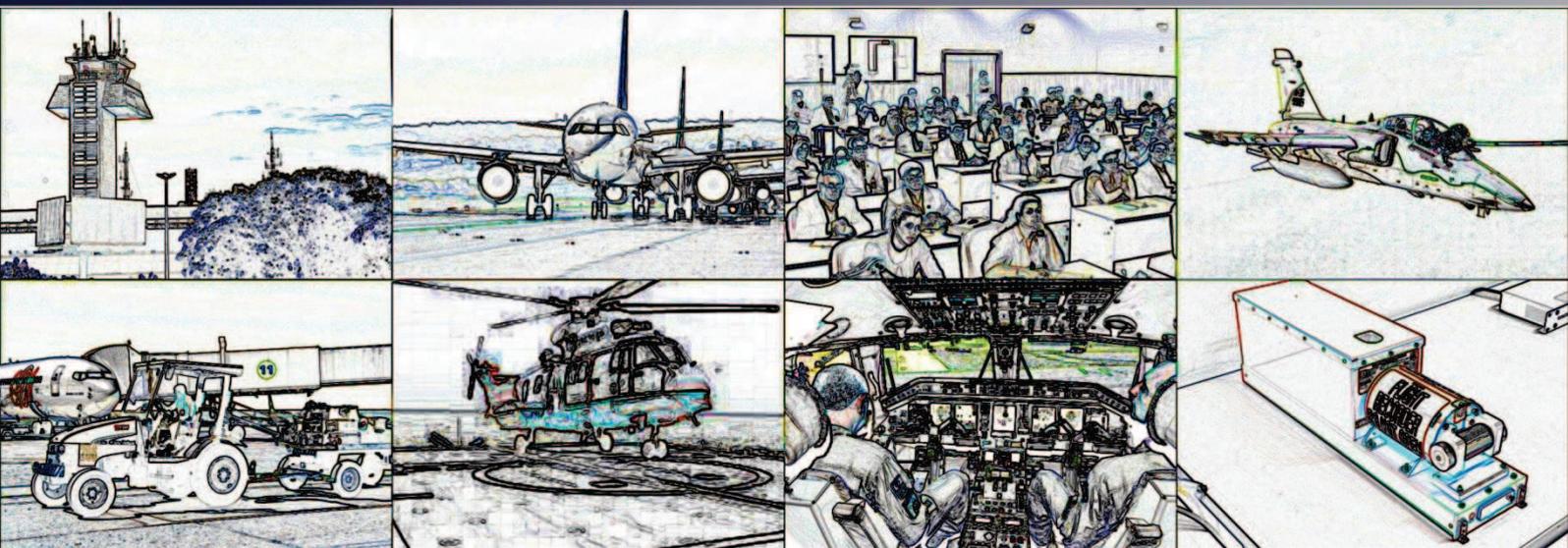


# CONEXÃO SIPAER



Revista Científica de Segurança de Aviação



Revista Conexão Sipaer, Volume 8, Número 1 – Jan/Abr 2017

## **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](mailto:conexaosipaer@gmail.com)

### **WEBPAGE**

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

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

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

R747

Revista Conexão SIPAER / Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. v. 8, n. 1 (Abr. 2017), Brasília: CENIPA, 2017.

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 do Volume 08	1-2
Adriana de Barros Nogueira de Mattos	

## *Artigos Científicos*

A Profissionalização da Prática da Aviação: Uma Abordagem Exploratória Sobre os Rumos do Contexto Profissional no Brasil	3-9
Gustavo Mateus Carolino	

Decisões Rápidas em Emergências na Aeronave Bandeirante: Pouso com Perda de Potência em um dos Motores	10-15
Luiz Maurício de Andrade da Silva	
Paulo Roberto Ferrari	

Aplicação da Etiqueta de Radiofrequência e Botão de Memória na Manutenção Aeronáutica	16-24
Carlos Frederico Grave Schönhardt	
Aldren Montenegro Santos	
Diego Carvalho Ribas	
Freddy Jesus Blanco Lozada	
Karyta Aline Pinna de Jesus	
Leonardo Neves Carneiro	
Donizeti de Andrade	

Impacto do Envelhecimento da Frota Brasileira na Segurança de Voo	25-32
Josenei Godoi de Medeiros	
Fabiano Hernandes	
Mariany Aline Antunes	
Victor Silvano Costa	
Cainã Renó Faria	
Donizeti de Andrade	

Atualização Tecnológica em Helicópteros de Segurança Pública	33-40
Luiz Ramos Pereira	
Marcio Cardoso Machado	

A Contribuição da Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade no Cumprimento dos Requisitos de Aeronavegabilidade Estabelecidos na Aviação Civil	41-48
Carlos Eduardo Leite da Silva Fortes	
Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes	
Paulo Cesar Corrêa Lindgren	

Análise da Suposição de Subnotificações de Ocorrências Aeronáuticas no Contexto da Aviação Civil Brasileira	49-54
Jorge Luiz Farias	

Cleibson Aparecido de Almeida  
Luis Carlos Batista Santos

A Avaliação da Qualidade do Sistema Potter no Gerenciamento dos Processos de Investigação Aeronáutica no Brasil (SIPAER) 55-67

Vinicius Voltolini Velho  
Cleibson Aparecido de Almeida

Evaluation of Different Grass Height Management Patterns for Bird Control in a Tropical Airport 68-79

Tarcísio Lyra dos Santos Abreu  
Nárjara Veras Grossmann  
Marina Motta De Carvalho  
Daniel Marques Alves Velho  
Vitor Cesar de Campos  
Camila de Mesquita Lopes

Avaliação de Diferentes Alturas de Grama para Controle de Aves em um Aeroporto Brasileiro 80-91

Tarcísio Lyra dos Santos Abreu  
Nárjara Veras Grossmann  
Marina Motta De Carvalho  
Daniel Marques Alves Velho  
Vitor Cesar de Campos  
Camila de Mesquita Lopes

### *Notas*

Aeronavegabilidade Relacionados à Fadiga Estrutural em Aeronaves 92-100

Jessica Bello Naressi  
Tammyse Araújo da Silva

## Apresentação

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

1 Editora Gerente da Revista Científica Conexão SIPAER

2 [adrianaabnm@fab.mil.br](mailto:adrianaabnm@fab.mil.br)

---

*É com prazer que lançamos este Volume 08 da nossa publicação científica CONEXÃO SIPAER. Este Volume, disponível no idioma português, na versão eletrônica, conta com dez artigos que apresentam o resultado de pesquisas relevantes focadas na segurança de voo.*

*Na sequência, breves sumas de apresentações dos artigos.*

*Nesta presente edição, no texto inicial de Gustavo Mateus Carolino, há a abrangência na temática profissional do aviador de hoje, com a abordagem intelectual necessária para a elevação da operacionalidade no campo da prevenção e da segurança de voo.*

*No artigo de Luiz Maurício de Andrade da Silva e Paulo Roberto Ferrari, sob o título “Decisões rápidas em emergências na aeronave Bandeirante”, há o objetivo de se procurar o aperfeiçoamento da operação crítica de aeronaves bimotoras na aviação civil; e os procedimentos mais recomendados para pouso em emergência na condição monomotor.*

*O artigo de Carlos Frederico Grave Schönhardt et al, intitulado “Aplicação da etiqueta de radiofrequência e botão de memória na manutenção aeronáutica”, tem como foco analisar o potencial de contribuição da tecnologia de identificação automática como uma ferramenta de melhoria do sistema de manutenção aeronáutica, por meio da utilização de etiqueta de radiofrequência (Rfid) e botão de memória de contato (Cmb).*

*Em seguida o artigo de Josenei Godoi de Medeiros et al, “Impacto do envelhecimento da frota brasileira na segurança de voo”, que aborda a questão do envelhecimento da frota aérea e a consequente análise relevante para com a segurança de voo, no que tange, principalmente, o fator probabilidade de falha estrutural, e suas propostas de manutenção, e o aspecto comparativo com outros países.*

*No artigo de Luiz Ramos Pereira e Marcio Cardoso Machado, sob título “Atualização tecnológica em helicópteros de segurança pública”, pode-se encontrar alternativas na busca de melhora na segurança de voo na pesquisa por atualizações tecnológicas dos helicópteros, que são operados por instituições de segurança pública. Em relevo a operacionalidade do H350 ou AS50, denominado Esquilo.*

*No artigo de Carlos Eduardo Leite da Silva Fortes et al, intitulado “A contribuição da certificação de sistemas de gestão da qualidade no cumprimento dos requisitos de aeronavegabilidade estabelecidos na aviação civil”, é analisado o processo de certificação de produção conduzido pela Autoridade de Aviação Civil (AAC), no Brasil representada pela ANAC, cujo objetivo está na contribuição para a segurança de voo por meio da verificação da conformidade do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implementado com os requisitos de aeronavegabilidade exigidos nos regulamentos e manuais. Com relevo na contribuição para o setor aeroespacial, das recentes certificações de terceira parte baseadas nas normas NBR ISO 9001, exemplificadas nas SAE AS 9100 e ABNT NBR 15100.*

*No enfoque textual de Jorge Luiz Farias, Cleibson Aparecido de Almeida e Luís Carlos Batista Santos, sob o título “Análise da suposição de subnotificações de ocorrências aeronáuticas no contexto da aviação civil brasileira”, segue-se abrangente análise das notificações de ocorrências aeronáuticas da aviação civil brasileira nos últimos 10 anos. São apresentados dados sobre acidentes e incidentes aeronáuticos com foco na suposição de subnotificações em alguns segmentos da aviação. As informações utilizadas foram coletadas na base de dados aberta do CENIPA.*

*No texto de Tarcísio Lyra dos Santos Abreu et al, “Avaliação de diferentes alturas de grama para controle de aves em um aeroporto brasileiro”. Em resumo traz a abordagem na gestão da altura de grama como ferramenta importante na estratégia de prevenção contra riscos de fauna em aeroportos. Alturas diferentes e a composição de espécies da vegetação podem atrair um grupo variado de espécies, de maior ou menor risco, para este tipo de ambiente, segundo a pesquisa ensejada neste artigo.*

No artigo de Vínicius Voltolini Velho e Cleibson Aparecido de Almeida, encimado no título “A avaliação da qualidade do Sistema Potter no gerenciamento dos processos de investigação aeronáutica no Brasil (Sipaer). Segue a linha específica de trabalho que tem como objetivo identificar de que maneira a avaliação da qualidade dos serviços do sistema Potter nesta ótica gerencial influencia na identificação das necessidades de adequações do sistema. Para isso, foi utilizada a ferramenta de pesquisa SERVQUAL, que permitiu a coleta dos dados necessários para explicar, subjetivamente, a percepção da qualidade em serviços do sistema Potter.

Por fim, na seção Notas de Pesquisa, no texto de J. B. Naressi e F. Hernandez, sob o título “Evolução dos requisitos de aeronavegabilidade relacionados à fadiga estrutural em aeronaves”, tem-se um ensaio na abrangência para obtenção de um Certificado de Tipo de uma aeronave categoria transporte civil quando o fabricante deve demonstrar cumprimento com algumas regras - requisitos de aeronavegabilidade. Na citação que ao longo dos anos o conhecimento relacionado à fadiga evoluiu e paralelamente os requisitos associados à fadiga estrutural, que em ampla medida, sempre esteve relacionado com a prevenção de falhas catastróficas durante a vida operacional da aeronave.

Feitas essas apresentações textuais sucintas, aproveitamos para agradecer a equipe editorial, pela colaboração inestimável, e pelo crescente entusiasmo, competência e presteza, que nos tem brindado para a realização deste trabalho.

*Que todos possam desfrutar da boa leitura desses temas relevantes para a segurança de voo!*

Atenciosamente,

Adriana Mattos,  
Editora-Gerente da RCS.

---

# A Profissionalização da Prática da Aviação: Uma Abordagem Exploratória Sobre os Rumos do Contexto Profissional no Brasil

Gustavo Mateus Carolino<sup>1</sup>

1 Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Universidade FUMEC. Pesquisador Independente. Membro fundador em ProjetoAviador.Org

2 gustavomc12@hotmail.com

---

**RESUMO:** O presente estudo consta de uma pesquisa exploratória sobre o processo de profissionalização da prática da aviação. Ao abordar as características desse processo, focado na prática da aviação, buscou-se compreender melhor o panorama atual, provendo dados que pudessem contribuir para torná-la mais eficiente, subsidiar estudos futuros e elevar a segurança do campo. Para tal, além de recorrer às teorias da sociologia das profissões, fez-se necessário verificar as características do assunto presentes na historicidade da aviação. Ao término desta pesquisa, observou-se que o processo de profissionalização da prática aviatória ainda não se completou, o fenômeno está presente no cenário brasileiro, e requer bastante atenção para que seja possível adotar medidas que maximizem a eficiência, a segurança e o desenvolvimento da aviação.

**Palavras Chave:** Aviação. Sociologia das profissões. Segurança. Profissionalismo. Profissão. Profissionalização.

## The Professionalization Process of the Aviation Practice: An Exploratory Approach about the Trends of Professional Context in Brazil

**ABSTRACT:** This paper consists of an exploratory research about the professionalization process with focus in the aviation practice. When addressing the features of this process, focused on aviation practice, sought to better understand the current situation, providing data to help make the aviation's practice more efficient, facilitate future studies and enhance the safety in the field. In addition to resort to theories of sociology of professions, it was necessary to verify characteristics in the aviation history. At the end of the study, it was observed that the process of professionalization of aviation practice is not yet completed, and it is present in the brazilian scenario, requiring more attention to adopt measures that maximize the efficiency, safety and development in the aviation field.

**Key words:** Aviation. Sociology of professions. Safety. Professionalism. Profession. Professionalisation.

**Citação:** Carolino, GM. (2017) A Profissionalização da Prática da Aviação: Uma Abordagem Exploratória Sobre os Rumos do Contexto Profissional no Brasil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 3-9.

### 1 INTRODUÇÃO

Para a construção de uma forte cultura de segurança, conforme apontam Brodman et. al. (2011), um alto grau de profissionalismo é requerido, possibilitando que se ergam resilientes políticas, programas e sistemas que beneficiem toda a sociedade. O profissionalismo também inspira e orienta condutas, tal como hoje se observa na aviação, onde, como exposto por Vieira et al. (2013), os praticantes amadores da atividade aérea aderem aos diversos sistemas de aviação, normalmente implantados, geridos ou mantidos por intermédio da atuação profissional.

As transformações no cenário industrial e as buscas pela elevação do estado de segurança da aviação apontam inúmeros desafios para os envolvidos com a atividade aérea, tais como a necessidade, cada vez maior, de desenvolver as competências dos profissionais que se ocupam da aviação e a praticam (Rondon et. al., 2013). Em vários campos de responsabilidades profissionais bem definidos, como a medicina, a engenharia, a advocacia, específicas profissões tutelam seu respectivo campo do saber, promovendo, então, constantes buscas pela excelência, isto é, pela melhoria de seus serviços.

Assim, tendo em vista a relevância do profissionalismo para o desenvolvimento seguro da aviação, e reconhecendo o papel das profissões como elemento garantidor do estado de segurança de diversos campos já bem definidos que evoluem em nossa sociedade, realizou-se este trabalho que propõe investigar o processo de profissionalização da prática da aviação<sup>1</sup>. Como problema de pesquisa, norteador deste estudo, levantou-se a seguinte questão: *O processo de profissionalização da prática da aviação encontra-se consolidado no Brasil?*

Ao verificar o estabelecimento do profissionalismo e as transformações da profissionalização, através de estudos desta natureza, pretendeu-se identificar aspectos relacionados ao processo de profissionalização da prática da aviação no Brasil.

---

<sup>1</sup> Ou seja, investiga-se o processo de profissionalização da prática da aviação. Isto é, o processo de profissionalização da prática da “navegação aérea em veículos mais pesados que o ar”, conforme significado primário do termo “aviação”.

Especificamente, a presente investigação visa compreender melhor o panorama atual e contribuir no sentido de identificar aspectos que possam tornar a prática da aviação mais eficiente, subsidiar estudos futuros e elevar a segurança do campo.

## 2 MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória que, conforme Gil (2010, p. 27), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, oferecendo informações sobre o objeto de estudo, com intenção de torná-lo mais explícito ou de construir hipóteses. Para seu desenvolvimento, fez-se, inicialmente, a delimitação do tema de interesse e a definição do problema, realizando, para isso, a identificação das características primárias que diferenciam a ideia de profissional, de amador e de mercenário, valendo-se de estudos sobre estes aspectos, uma vez que faz parte dos objetivos desta pesquisa conhecer o momento pioneiro em que o profissionalismo se fez presente na prática da aviação, além de possibilitar conhecer seu panorama atual, com enfoque no processo de profissionalização - o qual encontra-se consolidado quando uma ocupação adquire, de fato, o status de “profissão” em seu significado pleno.

Através da técnica de levantamento, foram identificados conteúdos acerca do fenômeno da profissionalização na historicidade da aviação, enfocando-se, por fim, no cenário atual da aviação brasileira. Valeu-se, portanto, de pesquisas em livros, em publicações, artigos, trabalhos científicos, teses, páginas da internet em sítios governamentais; entre outras fontes que pudessem dar subsídio à pesquisa bibliográfica que, conforme Gil (2010, p. 29), é feita com base na literatura sobre o tema. Para auxiliar na resolução do problema proposto, conseqüentemente, fez-se necessário conhecer e identificar as características de um processo de profissionalização e realizar levantamentos por meio de instrumentos primários e secundários de pesquisa.

Como neste trabalho investiga-se um processo no qual em seu ponto ápice uma profissão em seu significado pleno é ou pode ser oficialmente estabelecida em um sistema social, fez-se necessário conhecer os elementos que a classificam como tal. Recorreu-se, portanto, às teorias da sociologia das profissões, através do real entendimento do termo “profissão”, em seu significado pleno<sup>2</sup>, conhecendo as características que a ela, então, devem estar relacionadas.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Aspectos gerais em processo de profissionalização

As pesquisas sobre processos de profissionalização decorrem associadas às buscas por conhecer as trajetórias sobre as quais determinadas ocupações alcançam ou buscam alcançar o status de profissão em seu sentido pleno (Bosi, 1996, p.35). Portanto, conforme Amendoeira (2012), as profissões já estabelecidas possuem uma historicidade onde, ao longo dela, se configuraram, acumulando conhecimentos, técnicas, hábitos e imagens sociais sobre o que elas são e sobre o que delas se esperam.

Conforme Angelin (2010), estudos demonstram que quando é estabelecida uma profissão em seu sentido pleno, encontra-se a pertinência de um exercício profissional vinculado ao conhecimento técnico-científico, à autorregulamentação profissional e à existência de um código de ética profissional (código deontológico). Dentre esses elementos, a conquista da autorregulamentação profissional sobre um determinado campo de responsabilidade - pelos profissionais detentores de elevado grau de conhecimento formal - possui o grande poder discriminatório na distinção de profissões de outras ocupações (Angelin 2010; Machado, 2012). Assim, “passa-se, então, a pensar a profissão como uma classe ou categoria especial no conjunto das ocupações existentes” (Bosi, 1996).

Barbosa (1998) associa a conquista da autorregulamentação profissional, no processo de profissionalização, com a importância da educação em nível superior, citando-a como fundamento de posição social sobre o campo a ser professado – onde nele deverão ser estabelecidos os ideais de prestação de serviços ao público. Esses ideais devem ser fundamentados por uma sólida base cognitiva, visto o papel que as profissões consolidadas possuem na definição e na resolução de problemas que possam afetar a sociedade. Essas bases cognitivas, ou bases de conhecimentos especificados que as profissões possuem, são importantes para o reconhecimento público de que a complexidade de determinadas atividades realmente possa ser convertida em um confiável serviço à sociedade, se forem eles prestados e controlados por esses profissionais (Machado, 2012; Bosi, 1996). Portanto, um profissional deve possuir uma imprescindível competência técnica.

Entretanto, Machado (2012; s.d) esclarece que somente a presença da “competência técnica” é insuficiente para identificar a ideia de profissionalismo, uma vez que apenas a proficiência técnica poderia estar presente não apenas no agente profissional,

2 Nota: A compreensão equivocada entre o termo “profissão” com outros termos tidos como sinônimos, no senso comum, muitas vezes é fonte geradora de erros no entendimento do significado pleno de “profissão”. Estes erros interpretativos - recorrentes no senso comum - ocorrem principalmente quando há associação entre os termos “trabalho”, “ocupação”, “profissional” e “profissão”, ou de seus termos derivativos, como se sinônimos fossem, o que não é uma realidade (Bosi, 1996).

como também em um praticante amador ou, até mesmo, em um mercenário - que se configuram como desvios da ideia de profissionalismo.

Para identificação da ideia de profissionalismo, com vistas a compreender o processo de profissionalização da prática aviatória, foram identificadas as características de diferenciação entre profissional, amador e mercenário, os quais, conforme Machado (2012), estão diretamente relacionadas ao tipo de compromisso que é assumido frente ao trabalho que se realiza (Quadro 1).

<b>Tipo</b>	<b>Principais características diferenciadoras</b>
<b>Profissional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocam-se à disposição da sociedade, declarando-se compromissado com a prestação destes serviços; pela sociedade são reconhecidos;</li> <li>✓ Assumem compromissos sociais “que vão muito além da recompensa monetária” ou a “simples satisfação própria” ao realizar uma determinada atividade na sociedade;</li> <li>✓ Professa sua competência e age em função dela.</li> </ul>
<b>Amador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não se posiciona ante o compromisso público com prestação de serviços;</li> <li>✓ Normalmente se deixam levar pelas urgências da vida pessoal.</li> </ul>
<b>Mercenário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não se configura em posição onde o compromisso público com prestação de serviços é assumido ante a sociedade;</li> <li>✓ Sua prática é regulada exclusivamente pelo dinheiro ou por vantagem própria. Os fins ou o significado das ações não estão em discussão.</li> </ul>

**Quadro 1** - Diferenças entre profissional, o amador e o mercenário, segundo Machado (2012) - Fonte: Do autor (2016).

### 3.2 O processo de profissionalização da prática da aviação

Tomando por base o compromisso do profissional, que se assume frente ao trabalho que se realiza, buscou-se conhecer e identificar aspectos do processo de profissionalização enfocado na prática da aviação. Para tal, fez-se necessário realizar uma minuciosa busca por indícios e aspectos do fenômeno através de análises oriundas, principalmente, dos registros presentes na história da aviação, com enfoque no licenciamento de pessoal.

Assim, pode-se verificar que o início efetivo da profissionalização da prática da aviação, portanto, ocorreu poucos anos após o sucesso dos primeiros voos bem sucedidos do “mais pesado que o ar”, pois, em 1911, a prática da aviação já havia se tornado uma realidade frente ao serviço público das nações, especialmente com o surgimento da aviação militar em países europeus, tais como a França e Itália, havendo nítido compromisso público na prestação desses serviços à sociedade (Cotrim, 2003; França, 2013; Gooch, 2007).

Nos momentos iniciais da aviação não haviam, por parte dos Estados, exigências formais em relação a licenciamentos para a prática aviatória na esfera civil, situação que com o decorrer do tempo foi sendo mudada. Destacou-se, na história da aviação, a iniciativa pioneira do governo dos Estados Unidos da América ao estabelecer através do *Air Commerce Act of 1926* (legislação nacional), exigências para o licenciamento de pessoal para pilotar aeronaves civis em seu território, separando as ocupações em pilotos privados e pilotos comerciais (USA, 2015; s.d).

O modelo de licenciamento dos Estados Unidos foi adotado em outros países, em função de ter sido a forma acordada internacionalmente na Convenção de Aviação Civil Internacional, que foi organizada pelo próprio governo dos Estados Unidos da América, em 1944, criando-se a Organização de Aviação Civil Internacional [OACI]. Atualmente, o licenciamento de pessoal destinado a ocupar o posto de piloto em aeronaves dos países signatários da OACI - os quais incluem o Brasil - ainda seguem os mesmos princípios básicos do modelo de licenciamento para pilotos de aeronaves concebidos inicialmente nos Estados Unidos no ano de 1926 (ICAO, 2011; 2005)

### 3.3 Profissionalização no cenário da aviação brasileira

A Agência Nacional de Aviação Civil [ANAC], criada através da Lei nº11.182 de 2005, é um órgão regulador que hoje concede licenciamentos de Piloto Privado ou de Piloto Comercial às pessoas que desejam pilotar aeronaves da aviação civil brasileira (Brasil, 2015). A licença de Piloto Comercial é o licenciamento básico para quem busca ocupar-se profissionalmente como piloto de aeronaves.

Neste cenário, no Brasil, escolas de aviação que ministram cursos livres de nível médio cada vez mais convivem com Instituições de Ensino Superior [IES] - que são reconhecidas pelo órgão competente do Ministério da Educação - na formação de pessoal que concorrem à ocupação de um mesmo posto profissional na prática da aviação (Vieira, 2010). Observa-se, cada vez mais, aumento da busca por qualificação em nível superior entre os profissionais que praticam aviação, o que corrobora com as evidências de um processo de profissionalização em andamento no Brasil, conforme expostos por Angelin (2010).

Através de uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil [ABRAPAC], foi possível verificar o perfil sociodemográfico de profissionais que atuam diretamente na pilotagem de aeronaves no serviço comercial de

“transporte aéreo regular”. A pesquisa, que foi realizada no ano de 2014, obteve dados de mais de 2.000 (dois mil) profissionais que atuam diretamente na pilotagem das aeronaves, a maioria dos respondentes do sexo masculino e no cargo de comandante de bordo.

Verificou-se através dos dados daquela pesquisa, que o nível de escolaridade dos pilotos brasileiros atuantes na aviação comercial regular demonstra-se elevado. Apenas cerca de 18% dos profissionais respondentes possuíam somente a escolaridade em nível médio, os demais ou estavam realizando faculdade ou já a haviam concluído (ABRAPAC, 2014), o que põe em evidência a busca destes profissionais pela qualificação no ensino de nível superior.

Cada vez mais, verifica-se o crescimento no número de portadores de diploma de graduação em nível superior entre profissionais que atuam diretamente na pilotagem de aeronaves na aviação comercial brasileira, bem como notória expansão do número de IES provedoras de cursos enfocados na formação de profissionais voltados a praticar aviação. Assim, pode-se visualizar no mapa do Brasil (Figura 1) uma representação dos territórios do Estado brasileiro equipados com pelo menos uma Instituição de Ensino Superior [IES] devidamente reconhecida, provedora de ensino focado na prática da aviação. O levantamento foi apoiado em dados do Sistema *Educator* (ANAC, 2015).

Figura 1 – Territórios brasileiros equipados com IES provedoras de cursos superiores ativos voltados à formação de profissionais destinados a praticar aviação (Área hachurada).



**Figura 1** – Territórios brasileiros equipados com IES provedoras de cursos superiores ativos voltados à formação de profissionais destinados a praticar aviação (Área hachurada). - Fonte: Autor (2015)

Tais levantamentos põem em evidências as buscas dos próprios profissionais pela elevação de suas qualificações, recorrendo-se ao ensino superior, e colaboram com os elementos encontrados durante a evolução de um processo de profissionalização no Brasil, conforme apresentados por Angelin (2010) que cita que esse processo está relacionado à crescente expansão das universidades, à busca dos próprios profissionais pela qualificação na educação superior e à exigência cada vez maior das próprias empresas pela maior qualificação dos profissionais.

#### 4 DISCUSSÃO

Faz-se, a seguir, uma análise acerca do processo de profissionalização da prática da aviação com base no referencial teórico e nos resultados encontrados.

A profissionalização envolve um conjunto de transformações através dos quais uma ocupação busca elevar seu prestígio, bem como seu poder de participação social, com vista a conquistar o status de “profissão” (Bosi, 1996). Os estudos sobre esse processo decorrem associados às buscas por conhecer as características sobre as quais determinadas ocupações alcançam ou buscam alcançar o status de profissão em seu sentido pleno. Por essa razão, conforme Amendoeira (2012), as profissões já estabelecidas possuem dinamicidades históricas através das quais se configuraram, acumulando conhecimentos, técnicas, hábitos e imagens sociais sobre o que elas são e sobre o que delas se esperam.

Neste sentido, neste trabalho, fez-se necessário, além do levantamento histórico, conhecer aspectos e conceitos que estão envolvidos em um processo de profissionalização, através das teorias da sociologia das profissões. Assim, foi possível compreender que nem todas as ocupações existentes são necessariamente de natureza profissional. Além disso, baseado nas teorias da sociologia das profissões, verificou-se que nem todas as “ocupações profissionais” existentes são “profissões” em seu significado pleno (Angelin, 2010; Barbosa, 1998; Bosi, 1996).

Conforme Machado (2012), a ideia de profissionalismo surge não apenas em função da presença da competência técnica (“o saber manipular ou fazer algo”), mas do compromisso público que se assume frente a um trabalho que se realiza na sociedade. Neste sentido, para que uma ocupação profissional ganhe o status de profissão - em seu significado pleno - é necessário que haja vínculo de seu exercício profissional com a obrigatoriedade das seguintes características: educação em nível superior; presença de um código de ética profissional (código deontológico) e um mecanismo de autorregulação profissional.

Segundo Angelin (2010), a autorregulação profissional é o grande elemento que distingue profissões de outras ocupações, além do código de ética profissional e do conhecimento técnico-científico envolvido na prática do trabalho. Neste contexto, a conquista da autorregulamentação profissional se associa com a importância da educação em nível superior, devido à posição social que uma profissão ocupa na resolução de problemas para a sociedade (Barbosa, 1998).

Ademais, ao verificar informações existentes na historicidade da aviação, pôde-se conhecer o momento, na prática da aviação, em que uma ocupação - antes amadora - alcançou a ideia de profissionalismo, conforme exposta por Machado (2012). Assim, verifica-se, que foi a aviação militar a grande precursora do profissionalismo na prática da aviação, pois houve nítido compromisso público assumido por seus praticantes com a prestação destes serviços, constatando-se pioneiro na França no ano de 1911 (França, 2013; Gooch, 2007).

Como exposto neste trabalho, há em andamento no Brasil um processo de profissionalização envolvendo profissionais que praticam aviação. Transformações no perfil profissional destes praticantes de aviação vão ao encontro das transformações presentes em um processo de profissionalização em andamento, conforme expostas por Angelin (2010). Assim, no Brasil, escolas de aviação que ministram cursos livres de nível médio, cada vez mais, convivem com Instituições de Ensino Superior [IES] que oferecem cursos destinados a formação de pessoal que concorrem à ocupação de um mesmo posto profissional na prática da aviação.

Neste cenário, observa-se, cada vez mais, aumento do número de profissionais praticantes de aviação que recorrem ao ensino em nível superior, em busca de maiores qualificações. Tal levantamento põe em evidência a busca dos próprios profissionais pela elevação de suas qualificações, inclusive em cursos específicos - enfocados na prática da aviação - que são oferecidos na rede de ensino brasileiro, deixando evidente o reconhecimento destes profissionais pela importância da formação no ensino superior.

Verifica-se que o avanço no número de IES ativas, provedoras de cursos que objetivam especificamente formar profissionais voltados a ocupar-se de aviação e praticá-la, também é um importante indicador do crescimento do contingente populacional que busca qualificações em nível superior. Tais levantamentos colaboram com o estudo de Angelin (2010) sobre o andamento de um processo de profissionalização no Brasil, e deixa patente a tendência de mudança dos níveis de qualificação requerida para a formação de “profissionais que se ocupam de aviação e que podem praticá-la”.

Durante os levantamentos não foram encontradas associadas ao exercício profissional na prática da aviação a existência de um mecanismo de autorregulação profissional e de um legal código de ética profissional (código deontológico), o que indica que não há ainda estabelecida uma oficial profissão em seu significado pleno para se ocupar de aviação e praticá-la. Assim, diante dos dados expostos neste trabalho, pode-se verificar que o processo de profissionalização da prática da aviação no Brasil ainda não se encontra consolidado. Isto é, não existe uma profissão em seu significado pleno destinada a ensinar aviação.

Portanto, até os dias de hoje, a prática profissional da aviação encontra-se a cargo de “ocupações profissionais” não associadas à existência de uma profissão em seu significado pleno; profissão esta que, se existisse, poderia se dedicar com maior efetividade na resolução de problemas da sociedade e deste importante e emergente “campo de responsabilidade profissional” que está se definindo: a aviação.

## 5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa propôs conhecer os aspectos do processo de profissionalização da prática da aviação. Assim, fez-se necessário conhecer elementos presentes na historicidade da aviação, buscando identificar o surgimento do profissionalismo, traço que, conforme Machado (2012), pode ser inicialmente identificado pelo compromisso público que se assume com prestação de serviços à sociedade.

Assim sendo, ao verificar o momento em que o compromisso público com a prestação de serviços se fez presente na prática da aviação, pela primeira vez, pôde-se conhecer um importante marco histórico relevante nos estudos sobre um processo de profissionalização: o momento em que houve uma transição de uma ocupação antes amadora para uma ocupação profissional, o que, na aviação, se deu ainda no início do século XX através da aviação militar.

Até o final desta pesquisa, não foram encontradas, vinculados aos profissionais que praticam aviação no Brasil, quaisquer evidências de haver autorregulação profissional (regulação da aviação pelos próprios profissionais que a praticam), elemento que, conforme investigado, possui o grande poder discriminatório para distinguir profissões de outras ocupações (Angelin, 2010; Bosi, 1996; Machado, 2012). Assim, verificou-se, portanto, não existir oficializado no Brasil uma profissão em seu significado pleno que seja destinada a tutelar a prática da aviação no país.

Diante dos dados expostos neste trabalho, pôde-se verificar que o processo de profissionalização da prática da aviação no Brasil ainda não se encontra consolidado, estando a prática da aviação ainda a cargo de ocupações profissionais não ligadas à existência de uma profissão em seu sentido pleno; profissão esta que poderia, com forte compromisso público e valores agregados, se dedicar na construção e na condução de ações com vistas à resolução de problemas que afetam a sociedade e ao fortalecimento de resilientes sistemas deste importante e emergente “campo de responsabilidade profissional” que está se definindo: a aviação.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMENDOEIRA, José. **A ética das profissões: ética e deontologia profissional – a partir do debate em torno dos conceitos de ética e de profissão.** Lisboa: Forgep. 2012.
- ANGELIN, Paulo Eduardo. **Profissionalismo e profissão: teorias sociológicas e o processo de profissionalização no Brasil.** REDD, São Paulo, v.3, n.1. 2010. Disponível em <<http://seer.fclar.unesp.br/redd/article/view/4390>>. Acesso em: 12 maio 2015.
- BARBOSA, Maria Ligia de Oliveira. Para onde vai a classe média: um novo profissionalismo no Brasil?. **Tempo Social**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.129-142, maio 1998. FapUNIFESP (SciELO). 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-20701998000100009>>. Acesso em: 13 nov. 2015.
- BOSI, M L M. **Profissionalização e conhecimento: a Nutrição em questão.** São Paulo: Hucitec. 1996.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Instrução Suplementar - IS Nº 00-003B: Exames de conhecimentos teóricos de licenças, habilitações e certificados.** Revisão B. 2015. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2015/IS00-003B.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) **Sistema Educator.** 2015. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/educator/Index2.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2015.
- BRASIL. Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil. **Fadiga crônica, condições de trabalho e saúde em pilotos brasileiros. Relatório final.** Rio de Janeiro, 2014. 67 p.
- BRODMAN, Michael et. al. Professionalism: a Necessary Ingredient in a Culture of Safety. **The joint Commission Journal on Quality and Patient Safety.** [S. l.], v.37, n. 10. 2011.
- COTRIM, Gilberto. **Historia Global: Brasil e Geral.** São Paulo: Saraiva. Volume único. 2003.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **A brief history of the FAA.** Disponível em <[https://www.faa.gov/about/history/brief\\_history/](https://www.faa.gov/about/history/brief_history/)> Acesso em: 10 nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. Federal Aviation Administration (FAA). **FAA Historical Cronology, 1926-1996.** Disponível em <<https://www.faa.gov/about/media/b-chron.pdf>> Acesso em: 13 jul.2015.
- FRANÇA. ARMÉE DE L' AIR. DEFENSE. França. **Histoire.** 2013. Disponível em <<http://www.defense.gouv.fr/air/histoire>> acesso em: 12 dez. 2015.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.
- GOOCH, John. **Mussolini and his generals: The Armed Forces and Fascist Foreign Policy, 1922-1940.** [S.l.]: Cambridge University Press. 2007. ISBN: 0-671-81272-6.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex I: Personnel Licensing.** Montreal: Canadá, 2011. ISBN 978-92-9231-810-9.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **The postal history of ICAO.** By ALBERT PELSSER. Montreal: Canadá, 2015. Disponível em: <<http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs2304021>>. Acesso em 16 nov 2015.
- MACHADO, Nilson José. **Competência e profissionalismo: o lugar da ética.** São Paulo: Univesp Tv, [20--?]. Disponível em: <<http://150.164.100.248/espanhol/pdf/Ética e cidadania/O lugar da ética.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2015.
- MACHADO, Nilson José. **Tópicos de epistemologia e didática.** Produção de. São Paulo: Univesp Tv, 2012. Son., color. Aula 2 (2/ 2). 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=tO30Z9ucGUU&index=4&list=PL3607D2A0360CD002>>. Acesso em: 22 set. 2015.
- RONDON, M.H. et al. Próxima geração da aviação profissional: competências essenciais para o aprimoramento da profissão do piloto no Brasil. **Revista Conexão Sipaer**, Brasília, 2013. v4, n.2. ISSN 2176-7777. Disponível em: <<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/article/view/242/274>>. Acesso em: 22 abr. 2015.
- VIEIRA, Felipe Koeller R. A formação de aviadores no Brasil (e no mundo): o status quo e a necessidade de mudança do paradigma vigente. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, 2010. ISSN 2176-7777.

VIEIRA, F.K.R. et al. O curso superior em ciências aeronáuticas como requisito para obtenção de licenças de pilotagem: uma medida proativa na prevenção de acidentes. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, 2013. v4, n.3. ISSN 2176-7777. Disponível em: <<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/issue/view/13/showToc>>. Acesso em: 22 jun 2014..

---

# Decisões Rápidas em Emergências na Aeronave Bandeirante: Pouso com Perda de Potência em um dos Motores

Luiz Maurício de Andrade da Silva<sup>1,3</sup>, Paulo Roberto Ferrari<sup>2</sup>

1 Graduado e Mestre em Administração pela PUC/SP, e doutor, também em Administração pela FEA/USP. É professor de planejamento estratégico e teoria da decisão, e pesquisador na Academia da Força Aérea – Pirassununga/SP.

2 Graduado em Física pela Unesp de Rio Claro, e mestre em Física Aplicada pela mesma Universidade. É professor de aerodinâmica na Academia da Força Aérea – Pirassununga/SP

3 lma28@uol.com.br

---

**RESUMO:** Tomando como estudo de caso o acidente ocorrido em Jundiaí, SP, envolvendo uma aeronave King Air, o presente trabalho discute – sob os prismas (i) das árvores de decisão rápidas e simples, e; (ii) da elaboração de mapas conceituais – os procedimentos mais recomendados para pouso em emergência com perda de potência em um dos motores em aeronaves bimotores. Discute ainda as vantagens que o uso disseminado de árvores de decisão mais simples, conjugadas com o uso dos mapas conceituais, poderia oferecer ao emprego atual que se faz, na aviação, dos chamados checklists. O objetivo principal do artigo é aperfeiçoar as operações em aeronaves Bandeirante, uma vez que as mesmas, além de serem propulsadas por dois motores, se encontram em uso na Academia da Força Aérea (AFA). Ainda, como objetivo específico, pretende-se contribuir com o aumento da segurança nas operações das aeronaves bimotores utilizadas na aviação civil.

**Palavras Chave:** Segurança de voo. Mapas conceituais. Uso de checklists.

## Quick Decisions in Emergencies with the Bandeirante Aircraft: Landing with the Loss of Power in One of the Engines

**ABSTRACT:** Taking as a case study the accident occurred in Jundiaí / SP, involving a King Air aircraft, this paper discusses - under the prisms of (i) the fast and frugal decision trees and (ii) the concept mapping - the most recommended procedures for emergency landing with the loss of power in one engine in two-engine aircraft. It also discusses the advantages that the widespread use of simpler decision trees, coupled with the use of concept maps, could offer to the current use of so-called checklists in aviation. The main objective of the article is to improve the operations of the Bandeirante aircraft, as they are propelled by two engines and are in use at the Air Force Academy (AFA). In addition, as a specific objective, it is intended to contribute to increasing safety in the operations of twin-engine aircraft used in civil aviation.

**Key words:** Safety. Concept map. The use of checklists.

**Citação:** Silva, LMA, Ferrari, PB. (2017) Decisões Rápidas em Emergências na Aeronave Bandeirante: Pouso com Perda de Potência em um dos Motores. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 10-15.

### 1 INTRODUÇÃO

Segundo dados publicados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2012), entre os anos de 2007 e 2011, dos 553 acidentes aeronáuticos registrados no Brasil, 131 foram devidos a falha de motor em voo. Ou seja, mais de um quinto dos acidentes (23,6%) foi devido a falhas de motores.

No dia 20 de abril de 2012, um bimotor *King Air*, que havia decolado de Jundiaí (SDJD), tentou fazer um pouso de emergência em função da perda de potência em um dos motores, colidindo bruscamente com o solo na cabeceira da pista, de dorso. O que se pode observar pelas imagens gravadas<sup>1</sup> do acidente é que o piloto realizou um grande “encurtamento”<sup>2</sup> da final para o pouso. O encurtamento foi tamanho que poucos segundos após “girar base”<sup>3</sup>, ele já estava quase sobre a cabeceira, buscando o alinhamento final da pista para o pouso.

Ou seja, o procedimento adotado pelo piloto do *King Air* estaria coerente com o que preconiza o manual de outra aeronave, também bimotor, o Bandeirante, que sugere que seja diminuído o tempo de execução da final. Exceto talvez pelo excessivo “encurtamento” da final, e, principalmente, por ter iniciado uma curva para cima do motor parado.

Em termos aerodinâmicos, entre as possibilidades de explicação para o acidente, uma reside no fato de que talvez o *King Air* tenha entrado em atitude adversa, caindo de dorso, como decorrência do momento de guinada resultante da retirada brusca da potência do seu único motor bom, fato este agravado pela tentativa – errônea – de curvar o avião para cima do motor parado.

---

<sup>1</sup> Vídeo disponível em [www.youtube.com/watch?v=YZIzEtHzbNU](http://www.youtube.com/watch?v=YZIzEtHzbNU), acessado em 31 de outubro de 2012

<sup>2</sup> Para cada tipo de aeronave os seus fabricantes preconizam determinado padrão, normalmente expresso em tempo cronometrado, para encurtamento ou alongamento da reta final para o pouso. De maneira que o sentido de “encurtamento” aqui se refere a diminuir o tempo de afastamento para o pouso.

<sup>3</sup> A penúltima curva antes da final para o pouso.

De forma que, com estes problemas e fatos em evidência, o objetivo deste artigo – longe de ser o de julgar as causas do acidente ou a responsabilidade do piloto fatalmente acidentado – é colocar em discussão as práticas de treinamento mais recomendadas nestas situações, tendo em vista que na Academia da Força Aérea se encontram em operação aeronaves bimotores Bandeirante.

Assim, espera-se contribuir para que aumente a eficácia dos atuais *checklists* (GAWANDE, 2010), largamente empregados na aviação, através da proposição de conjugação dos mesmos com árvores de decisão simples e rápidas, e mapas cognitivos. Como objetivo secundário espera-se contribuir com a qualidade do treinamento de pilotos militares na AFA, assim como com o aumento da segurança da aviação civil brasileira, especificamente aquela que utiliza aviões bimotores.

O trabalho se inicia com uma fundamentação teórica sobre as árvores de decisão rápidas e simples (GIGERENZER, 2009). Na sequência apresenta os elementos centrais da teoria que advoga a disseminação do uso dos chamados mapas conceituais (CRANDALL *et al.*, 2006).

Em seguida, como estratégia da pesquisa, apresentam-se algumas situações em que os mapas conceituais foram elaborados a partir de analogias que, uma vez discutidas, podem aperfeiçoar (ou complementar) o uso dos já bastante disseminados *checklists*.

Ao final são apresentadas as conclusões gerais e limitações do trabalho.

## 2 ÁRVORES DE DECISÃO RÁPIDAS E SIMPLES

Infelizmente o mundo em que vivemos não é sempre tão estável e previsível, como gostaríamos que fosse. Mesmo para um gerente de escritório que, na maioria das situações de seu cotidiano irá se deparar com este admirável mundo (*small world*)<sup>4</sup> estável e previsível, os imprevistos também ocorrerão (*real world*). O mesmo não se pode dizer da rotina de um médico, um bombeiro ou um piloto de aviões.

As situações de emergência no ambulatório de um hospital, num incêndio ou em uma pane a 10 mil metros de altitude, muito pouco se assemelham à rotina previsível do gerente de escritório. O gerente talvez vá usar muito menos a intuição em suas decisões, provavelmente usará mais os algoritmos de apoio à decisão, já instalados nos computadores de sua organização. O mesmo não se pode dizer dos médicos, bombeiros e pilotos, que decidem em ambientes dinâmicos, complexos e instáveis (KLEIN, 2009), contando apenas – ou primordialmente – com sua experiência, sentido de circunstancialidade e intuição (VIANNA, 1989; SILVA, 2000).

Segundo Kaempff & Klein (1994) um ambiente dinâmico, complexo e instável caracteriza-se, entre outros fatores, por (i) problemas mal estruturados; (ii) ambiguidade de objetivos; (iii) *loopings* de ação e reação; (iv) alto risco envolvido em cada decisão, e; (v) forte pressão (stress) de tempo de decisão.

### 2.1 Problemas mal estruturados

Os problemas podem ser classificados como mal estruturados quando se tem baixo grau de convicção sobre suas origens, assim como sobre as consequências mais prováveis para cada curso de ação possível (KAEMPF & KLEIN, 1994). Poderíamos ilustrar um problema mal estruturado através de um exemplo extraído da aviação: um piloto, que observasse falha dos motores em voo talvez ficasse em dúvida se a falha tem origem no sistema de lubrificação ou no sistema de combustível.

### 2.2 Ambiguidade de objetivos

A ambiguidade de objetivos normalmente ocorre quando múltiplos objetivos devem ser atingidos em uma decisão. Retornando ao exemplo da falha dos motores em voo, pode-se verificar ambiguidade de objetivos quando, além de pensar na segurança da tripulação e dos passageiros, o piloto tiver que pensar também nas opções de preservação da integridade da aeronave, caso sua decisão seja por um pouso forçado. Ou ainda um piloto que evitasse o pouso em local alternativo, mais seguro, para atender requisitos de redução de custos estabelecidos pela companhia aérea (PICCARDI, 2010).

Embora Klein (2009) diferencie as organizações que colocam os procedimentos (mais recomendados) como requisitos, daquelas que colocam os procedimentos como recomendações, sabemos que, no Brasil, muitas vezes os colaboradores de uma empresa se veem compelidos a seguir rigorosamente os procedimentos, como forma de preservar os próprios empregos. Lembrando que focar nos procedimentos reduziria as opções de julgamento dos tomadores de decisão, ao passo que focar nas recomendações daria mais autonomia de decisão, por exemplo, aos pilotos de uma companhia aérea. Estes pilotos, mesmo não deixando de seguir os procedimentos, teriam liberdade de adaptar os procedimentos às situações (recomendações) do momento em que estivessem decidindo.

Um exemplo seria dos pilotos que se acidentaram com um Airbus em Congonhas (Piccardi, 2010), matando todos os ocupantes do avião, talvez por receio de questionar o *grooving* da pista e alternar para o aeroporto de Cumbica.

<sup>4</sup> O *small world* seria representado pelas condições parciais que um pesquisador consegue criar, por exemplo, em um laboratório de pesquisas, ou aquelas que um gerente de escritório consegue visualizar como um sistema fechado, apartado, distante das condições reais, em que múltiplas interferências e causalidades estariam agindo.

### 2.3 Loopings de ação e reação

Os *loopings* de ação e reação apresentam-se como algo muito próximo da causalidade múltipla existente entre variáveis independentes, mas que tenham forte correlação entre si. Normalmente é isto o que ocorre com os sistemas de um avião. A redução dos motores implica em perda de altitude (por “afundamento”, que ocorre com aumento da razão de descida, ou seja, em que ocorre a perda de altura por tempo), levando o piloto a uma tendência de “picar” a atitude do avião, tendo assim ganho de velocidade e arrefecimento dos motores. O mais grave disto pode vir com a conhecida “espiral de consequências negativas”.

### 2.4 Forte pressão de tempo de decisão

Seja na aviação, nas emergências médicas em um hospital, ou no socorro às vítimas de um acidente, as decisões normalmente devem ser tomadas em curto espaço de tempo, de maneira a mitigar os riscos iminentes, buscando a saída rápida daquela possível espiral de consequências negativas. E, diferentemente do que ocorre em decisões tomadas em ambientes estáveis e previsíveis, nos ambientes dinâmicos e instáveis os tomadores de decisão recorrerão com muito mais ênfase à sua intuição. E esta intuição está fortemente correlacionada à experiência anteriormente adquirida em situações de emergência. Em situações reais, ou ainda em situações simuladas, através de programas de treinamento.

Os mais experientes conseguem formar um “grande quadro” das situações mais complexas e imprevisíveis, simplificando-as mentalmente e tratando-as de uma maneira que os menos experientes não seriam capazes de fazê-lo.

Mais do que discutir os erros e acertos da intuição humana (para isto veja KAHNEMAN, 2011), este trabalho discute as questões que dizem respeito às decisões de pilotos de aviões (KAEMPF & KLEIN, 1994). Mais especificamente ainda, as decisões destes profissionais em situações de emergência, caracterizada pela parada de um dos dois motores em uma aeronave bimotora.

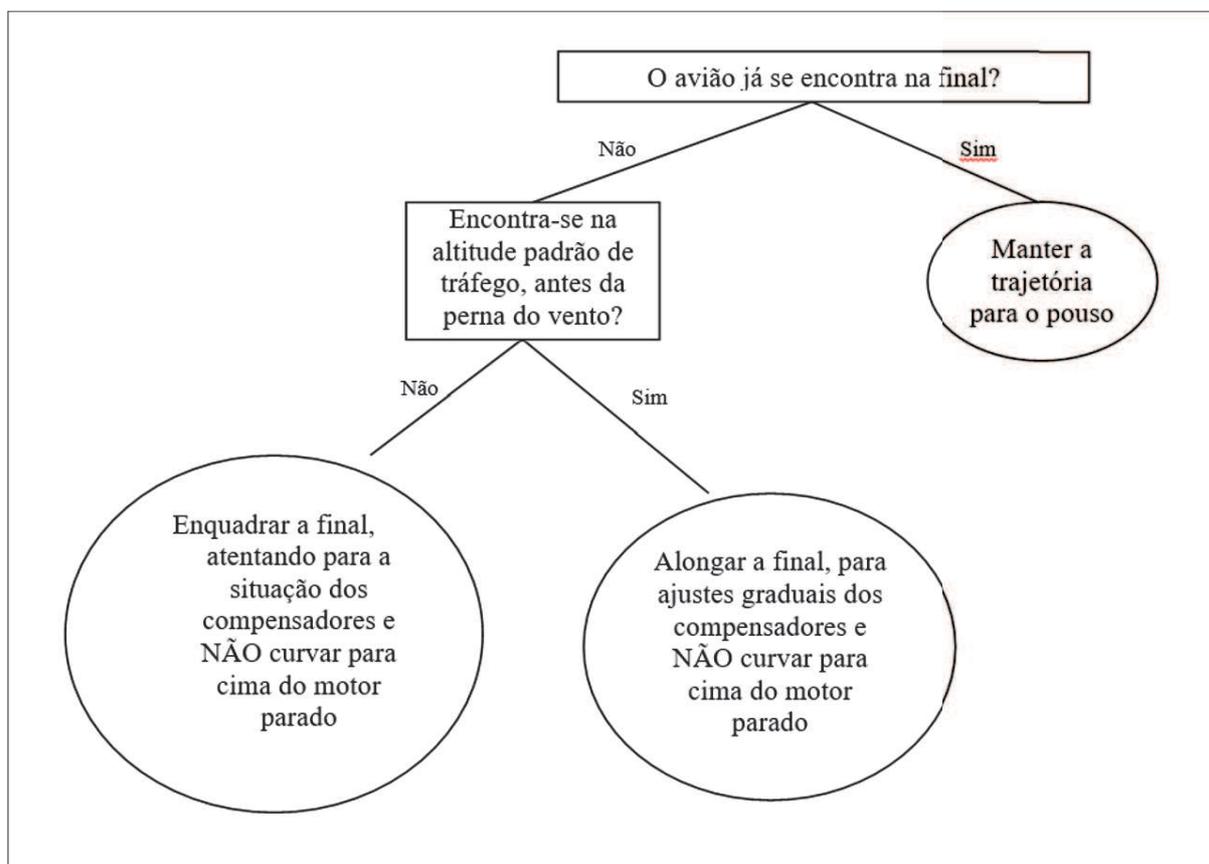
Não perdendo de vista o objetivo central do trabalho, pretende-se sugerir uma heurística para estas situações, com base no conceito de árvore de decisão rápida e simples, conjugada com os mapas conceituais.

Uma das características mais importantes das decisões dos experts, de interesse imediato no presente trabalho, é a de que nem sempre gerar um grande leque de alternativas para a decisão a ser tomada em situação de emergência, é a melhor opção.

Ou seja, uma árvore de decisão rápida e simples pode ser um importante instrumento auxiliar no treinamento e nas simulações das situações deste tipo, talvez reforçada por um mapa conceitual que evidencie as variáveis mais relevantes envolvidas na questão.

### 2.5 Árvore rápida e simples para decisões de pouso em emergência com aviões bimotores, havendo perda de potência em um dos motores

Em vista do exposto, apresentamos a seguinte proposta de árvore de decisão rápida e simples para estas emergências (figura 1).



**Figura 1:** Árvore de decisão rápida e simples para decisões de pouso com perda de potência em aviões bimotores.

### 3 MAPAS CONCEITUAIS

#### 3.1 Mapa conceitual da analogia do pássaro

A metáfora de um pássaro solto e manso, que convive pacificamente com os humanos que o alimentam, mas, contudo, pode ser uma presa fácil a outros animais, pode servir para ilustrar – aos cadetes em formação na AFA – questões de doutrina na formação militar.

Esta metáfora pode ser considerada um mapa conceitual (CRANDALL et al, 2006) se os cadetes compreenderem a analogia com o tipo de treinamento que devemos dar a eles: forjá-los como agentes de defesa que devem reconhecer celeremente as ameaças que os cercam, sem, no entanto, enrijecê-los em sua urbanidade, nem deixá-los paralisados pelas inúmeras ameaças (figura 2).

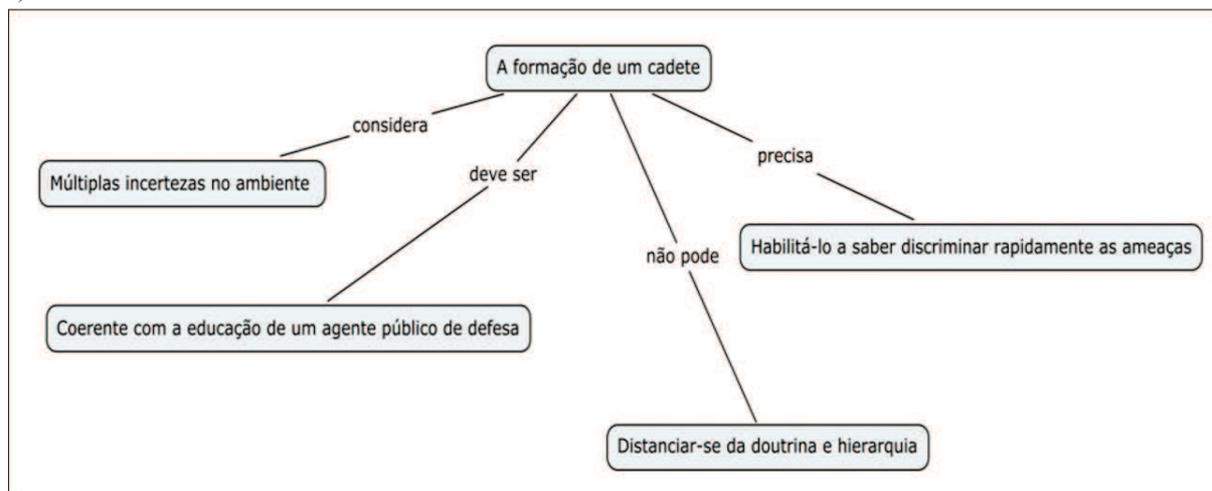


Figura 2: Mapa conceitual da analogia do pássaro.

#### 3.2 Mapa conceitual da analogia do malabarismo

Em aulas de teorias da decisão costumamos apresentar aos cadetes a prática do malabarismo, inicialmente para ilustrar os quatro fatores básicos envolvidos com uma boa decisão. Mas – em termos de mapa conceitual – a analogia visa prioritariamente reforçar os aspectos cognitivos daquilo que na literatura é conhecido como heurística do “olhar fixo” (GIGERENZER, 2009; KLEIN, 2009). O malabarismo é um “mapa” para mostrar aos alunos a importância – cientificamente falando – de se conseguir sintetizar a prática, sendo uma maneira de (i) transmitir o conhecimento, e; (ii) treinar novos praticantes, que devem adquirir experiência (figura 3). Se depois surgirá, deste aprendizado, uma heurística ou não, é outro problema, que deverá ser investigado em etapas posteriores, quiçá através do mais convencional método científico de amostragens de teste e de controle.

Caso apresente vieses, na forma de inclinações positivas ou negativas, também é uma questão que virá depois da síntese.

Uma questão que parece ter ficado bastante claro para todos os alunos é a necessidade de que um militar, mesmo nos serviços burocráticos de um escritório, seja capaz de tomar decisões rápidas e com grande acuidade, conjugando os sistemas de pensamento intuitivo (sistema 1) e estruturado (sistema 2) (KAHNEMAN, 2011), além das éticas weberianas da convicção e da responsabilidade. Isto porque quando o mesmo não estiver decidindo em um gabinete, poderá estar decidindo em um conflito deflagrado.

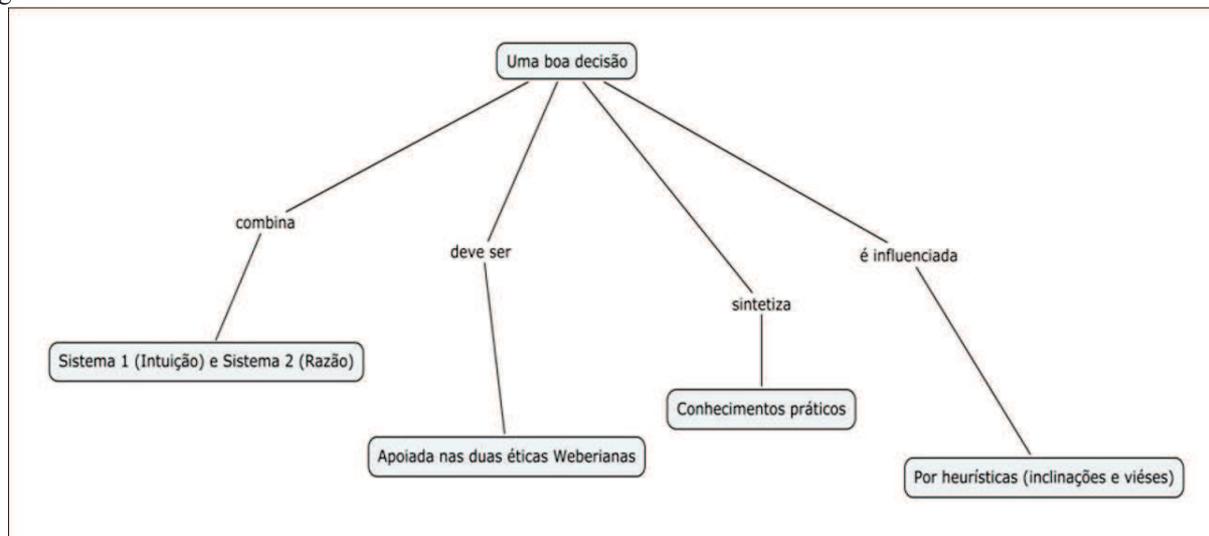


Figura 3: Mapa conceitual da analogia do malabarismo.

Portanto quanto mais bem treinado estiver, melhor. Ademais, não podemos nos distanciar do fato de que os militares são agentes públicos, lidando com recursos escassos.

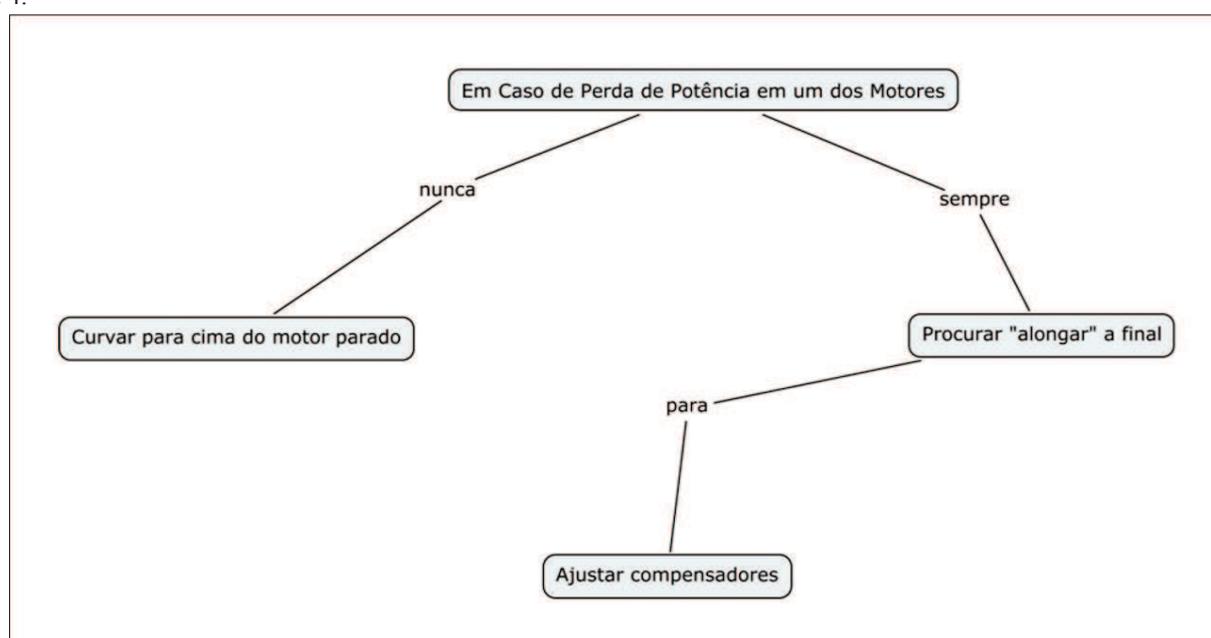
O autor Max Bazerman (2006) coloca ainda uma pitada a mais de risco no enfrentamento destas questões de identificação de ameaças, quando afirma que somos todos vítimas da heurística do “*positive illusion*”, sendo muito mais fácil discriminar um bom piloto de um mau piloto, do que discriminar um amigo de um inimigo. Mais fácil discriminar um maratonista bom de um mediano, do que um bom professor de um mau professor.

Em síntese, um mapa conceitual exprime de maneira ampla as variáveis envolvidas, suas relações e causalidade, sem que seja necessário, ao menos não em um primeiro momento, recorrer aos critérios matemáticos e estatísticos para se atingir tal objetivo.

#### 4 DESDOBRAMENTOS FUTUROS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tomando em consideração o que foi discutido anteriormente, poderíamos inicialmente identificar, na AFA – almejando ainda que a discussão fosse depois amplificada para as escolas de formação e treinamento de pilotos civis – qual a analogia mais indicada para a emergência de pouso com perda de potência em um dos motores em aviões bimotores.

Isto feito, seria montado o mapa conceitual para ilustrar a situação de emergência, como o esboço preliminar sugerido na figura 4.



**Figura 4:** Mapa conceitual dos procedimentos para pouso em emergência com perda de potência em um dos motores, em aeronaves bimotores.

#### 5 CONCLUSÕES

Este trabalho procurou evidenciar a utilidade e os benefícios – tomando como ponto de partida o trágico acidente ocorrido em Jundiá (SDJD) envolvendo uma aeronave bimotor King Air – de se ampliar os já aceitos *checklists* com a disseminação do uso (i) das árvores de decisão rápidas e simples, e; (ii) da elaboração de mapas conceituais.

Os procedimentos mais recomendados para pouso em emergência com perda de potência em um dos motores na aeronave Bandeirante já estão suficientemente relatados nos manuais de operação da aeronave. No entanto, considerando a dinâmica de uma situação de emergências aeronáuticas, assim como a pressão de tempo para as decisões, talvez estas úteis e já sedimentadas ferramentas conhecidas como *checklists* (GAWANDE, 2012) pudessem ser aprimoradas com o uso das árvores de decisão rápidas e dos mapas conceituais, principalmente nas escolas de formação e aperfeiçoamento de pilotos.

Naturalmente permanece a necessidade de que novos estudos sejam realizados para que se encontre os ajustes, não apenas no mapa conceitual apresentado na figura 4 acima, mas também na obtenção da coesão, entre os especialistas em aviação, sobre os fatores predominantes para a rápida decisão de pouso com apenas um dos motores em operação.

Como se pode perceber, pela observação da árvore rápida, assim como pelos mapas conceituais, não foi utilizada nenhuma notação matemática ou estatística, ainda que se tenha estabelecido relações de causa e efeito entre as variáveis importantes.

Isso, longe de ser uma crítica à matemática e à estatística, é mais uma proposição de outros alicerces que darão maior sustentação – cognitiva e conceitual (LAKOFF & NUÑEZ, 2000) – aos métodos quantitativos que se seguiriam, como, por

exemplo, na modelagem de equações estruturais. Mas aí o objetivo já seria outro, de interesse dos agentes reguladores do setor, para realizar inferências sobre possíveis acidentes.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Academia da Força Aérea pelo apoio que nos foi dado para a realização desta pesquisa. E, ao agradecer, gostaríamos de dedicar este trabalho à memória do piloto responsável pela aeronave acidentada citada no início do texto, afastando-nos de qualquer intenção de criticar ou julgar as habilidades técnicas do piloto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Dados estatísticos**. Disponível em: <www.anac.gov.br>. Acesso em: 05 dez. 2012.
- BAZERMAN, MAX H. **Judgment in managerial decision-making**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
- CRANDALL, Beth et al. **Working minds: a practitioner's guide to cognitive task analysis**, Cambridge. [S. l.: s.n.], 2006.
- GAWANDE, A. **The checklist manifesto: how to get things right**. Nova Iorque: Picador, 2010.
- GIGERENZER, Gerd. **O poder da intuição: o inconsciente dita as melhores decisões**. Rio de Janeiro: Best Seller, 2009.
- KAEMPF, George L. Aeronautical decision-making: the next generation. In: JOHNSTON, Neil.; McDonald, Nick.; FULLER, Ray. **Aviation psychology in practice**. Aldershot: Ashgate, 1994.
- KAHNEMAN, DANIEL. **Thinking, fast and slow**. Nova Iorque: Farrar and Row, 2011.
- KLEIN, GARY. **Sources of Power: how people make decisions**. Cambridge: MIT Press, 2000.
- KLEIN, GARY. **Streetlights and shadows: searching for the keys to adaptive decision-making**. Cambridge: MIT Press, 2009.
- LAKOFF, George; NUÑEZ, Rafael E. **Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being**. Nova Iorque: Basic Books, 2000.
- PICCARDI, TATIANA. (2010). A morte como categoria política: o caso TAM, **Revista Calidoscópico**, V.8, n.2, p.147-153.
- SILVA, Luiz M. A. **Instrumentalização do planejamento estratégico: aplicação no setor aeroviário comercial brasileiro**. 2000. 182f. Tese de doutoramento - FEA/USP, 2000.
- VIANNA, Nadia W. H. **O uso da subjetividade em previsões**. 1989. Dissertação de mestrado - EAESP/FGV, 1989.

---

# Aplicação da Etiqueta de Radiofrequência e Botão de Memória na Manutenção Aeronáutica

Carlos Frederico Grave Schönhardt<sup>1</sup>, Aldren Montenegro Santos, Diego Carvalho Ribas, Freddy Jesus Blanco Lozada, Karyta Aline Pinna de Jesus, Leonardo Neves Carneiro, Donizeti de Andrade

<sup>1</sup> schonpilot@hotmail.com

---

**RESUMO:** As aeronaves são projetadas para atender aos requisitos de aeronavegabilidade, segurança e manutenibilidade. Considerando que estes requisitos são afetados pela ocorrência de erros de manutenção, os quais estão entre os principais fatores contribuintes dos incidentes graves e acidentes aéreos ocorridos no Brasil no período de 2004 a 2013, torna-se fundamental o estudo sobre a aplicação de novas tecnologias que aumentem a eficiência dos sistemas de manutenção das aeronaves e melhorem a rastreabilidade de informações, contribuindo desta forma para o aumento da segurança de voo, e garantindo a competitividade das empresas aeronáuticas. O trabalho mostra importantes aplicações desta tecnologia nas atividades aeronáuticas. Neste contexto, destaca-se o emprego de tecnologias de identificação automática AIT (*Automatic Identification Technology*) na gestão da manutenção, à medida que estas possibilitam o aumento da taxa e da qualidade do fluxo de informações e, por conseguinte, ajudam na redução de erros. Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de contribuição da tecnologia de identificação automática como uma ferramenta de melhoria do sistema de manutenção aeronáutica, por meio da utilização de etiqueta de rádio-frequência (Rfid) e botão de memória de contato (Cmb).

**Palavras Chave:** Etiqueta de Radiofrequência. Botão de memória de contato. Rastreabilidade.

## Radio Frequency Identification Tag and Contact Memory Button Applications in Aviation Maintenance

**ABSTRACT:** Aircraft are projected to fulfill requirements of airworthiness, safety and maintainability. Considering that these requirements are affected by the occurrence of maintenance errors, which are among the main contributing factors for major incidents and accidents occurred in Brazil in the period between 2004 to 2013, it becomes critical the study about the application of new technologies which improve the aircraft maintenance system efficiency and traceability, which contributes to the improvement of the flight safety, ensuring the competitiveness of the aeronautical companies. The work shows important applications of this technology in aeronautical activities. In this context, it is highlighted the application of the automatic identification technologies (AIT) in the maintenance management, which contributes for the improvement of the rate and quality of the information flow and therefore it helps to reduce maintenance errors. The objective of this article is to analyze the contribution of the automatic identification technology as an improvement tool for the aeronautical maintenance systems, using radio-frequency tags and contact memory buttons.

**Key words:** Radio Frequency Identification Tag. Contact Memory Button. Traceability.

**Citação:** Schönhardt, CFG, Santos, AM, Ribas, DC, Lozada, FJB, Jesus, KAP, Carneiro, LN, Andrade, D. (2017) Aplicação da Etiqueta de Radiofrequência e Botão de Memória na Manutenção Aeronáutica. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 16-24.

### 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da complexidade dos sistemas aéreos, a questão da manutenção sempre atraiu a atenção das empresas que operam em um dos ambientes mais competitivos existentes e fabricantes, com o objetivo de reduzir ou até mesmo eliminar o tempo de manutenção.

Kapoor et al (2005) destacam que o sistema de manutenção de aeronaves é complicado, pois interliga componentes técnicos e humanos e destacam que um estudo conduzido pela Boeing e US Air Transport Association em 1995 identificou o erro de manutenção como um fator crucial em acidentes aéreos no período de 1982 a 1991, contribuindo com 15% dos acidentes aéreos com perdas totais de aeronaves comerciais nos quais cinco ou mais pessoas faleceram. Rankin e Allen (1995) concluíram que os erros de manutenção são responsáveis por cerca de 20 a 30% dos apagamentos de motor em voo, e 50 por cento dos atrasos de voos.

A FCA 58-1 (2014) também destaca a presença do erro de manutenção no Brasil como o terceiro fator contribuinte principal dos incidentes graves (8,8%) e sétimo para os acidentes aéreos.

Além dos impactos gerados pelos erros de manutenção, existe a necessidade de melhoria contínua da eficiência dos sistemas de manutenção das empresas. Dado o tamanho da frota mundial de aeronaves voando pelo mundo, cada uma delas envolvendo milhões de peças individuais, existe a necessidade da disponibilidade de um grande fornecimento de sobressalentes e de rastreabilidade destes componentes, o que demanda um grande esforço administrativo. De acordo com Holloway (2006) foi

verificado em uma pesquisa realizada pela *America Research* que um mecânico de linha aérea pode consumir 70% do seu tempo de trabalho na localização de peças em estoque dentro da cadeia de suprimentos.

Nesse contexto, entende-se como fundamental investigar a aplicação de tecnologias que contribuam para a redução de erros de manutenção e a melhoria da rastreabilidade de dados a fim de garantir a segurança de voo e melhorar a eficiência dos processos de manutenção.

Dentre as tecnologias existentes, o uso de tecnologias de identificação automática na indústria aeronáutica destaca-se nesse sentido. Isto pode ser explicado pela capacidade dessa tecnologia aumentar a velocidade do fluxo de dados, melhorar a rastreabilidade das informações, dar maior visibilidade à cadeia de suprimentos, o que incrementa a eficiência e segurança do sistema de manutenção.

Segundo Raimundo (2007), existem duas áreas básicas para a aplicação de tecnologias de identificação automática na indústria aeronáutica, com o mesmo objetivo: tornar o processo de manutenção mais eficiente, trabalhando de forma preventiva sem comprometer a segurança dos passageiros. As duas áreas básicas constituem na aplicação da tecnologia de identificação automática na cadeia de suprimentos de sobressalentes e na rastreabilidade do ciclo de manutenção de um componente.

Rozhdestvenskiy (2010) destaca que a rastreabilidade de componentes e peças é indispensável nos processos produtivos de empresas aeronáuticas. Dentre as diferentes tecnologias de identificação automática conhecidas como códigos de barras linear, códigos de barra bidimensionais, tarja magnética, reconhecimento óptico de caracteres, *smart cards*, reconhecimento de voz, *Radio Frequency Identification Tags* (RFID) e *Contact Memory Buttons* (CMB), este trabalho examina a tecnologia das etiquetas RFID e dos CMB. A motivação é a existência de algumas iniciativas de uso destas tecnologias nos sistemas de manutenção das aeronaves.

Chang et al (2014) afirmam que a utilização das etiquetas RFID na indústria aeronáutica é relativamente difundida entre os fabricantes de aeronaves fora do Brasil. Tanto a Boeing como a Airbus utilizam esta tecnologia em suas aeronaves comerciais. A Boeing anunciou em 2005 que os fornecedores de diversas peças da aeronave 787 *Dreamliner* deveriam afixar etiquetas RFID em suas peças antes do envio à empresa. A Airbus por sua vez, promove a implementação de soluções industriais com o uso de etiquetas RFID nas peças de aeronaves comerciais. Ambas as empresas acreditam nos benefícios do uso de tecnologia de identificação automática na indústria aeronáutica, dentre eles: a obtenção de informações mais precisas sobre a demanda de peças, a diminuição de inventário e do tempo necessário para revisá-lo, e a redução do tempo para reparar as aeronaves.

De acordo com Rfsense (2009), na indústria aeronáutica brasileira, encontra-se apenas o caso da EMBRAER que em 2009 adotou as etiquetas RFID no controle de inventário de ferramentas e atualmente utiliza esta tecnologia no controle de recebimento de peças.

Rozhdestvenskiy (2010) afirma que embora exista interesse no uso das etiquetas RFID entre os fabricantes de aeronaves, identificou-se que as mesmas possuem aplicação limitada em alguns segmentos específicos da indústria aeronáutica. Por exemplo, há peças do motor de uma aeronave que não podem receber etiquetas RFID, em razão das condições severas de utilização (altas temperaturas e restrições mecânicas), e do material utilizado na fabricação de motores. Este material pode atuar como uma barreira às ondas eletromagnéticas que as etiquetas RFID utilizam para se comunicar com o leitor.

Pode-se afirmar que as referidas limitações à utilização das etiquetas RFID foi complementada pela utilização de CMB na indústria aeronáutica. Estas duas tecnologias complementam-se na identificação de peças e componentes de aeronaves.

O trabalho de Technique-De L'Ingenieur (2010) comprovou que dentre os usuários da tecnologia de CMB, a Airbus, no seu projeto A350, utilizou os CMB nos equipamentos localizados em zonas não pressurizadas e como *back-up* das etiquetas RFID em zonas pressurizadas. Kumar e Coop (2012) afirmam que a Boeing por sua vez utiliza esta tecnologia em complemento com as etiquetas RFID dentro de suas aplicações para a melhoria de qualidade, produtividade e manutenibilidade.

Como exemplo de usuários dos CMB na aviação militar, destaca-se o Exército Norte-Americano. Por meio de um sistema de gestão de manutenção denominado *Aviation Maintenance Automated Tracking System* (AMATS), o Exército Norte-Americano utiliza os CMB para guardar os dados de manutenção de suas aeronaves. Os dados de manutenção são enviados após cada intervenção de manutenção, por meio de um PDA (*Personal Digital Assistant*), a uma base de dados denominada MMIS (*Maintenance Management Information System*) formando um sistema de manutenção automatizado. Este sistema conta ainda com Boletins Técnicos explicando em detalhes os procedimentos de instalação dos CMB e os itens que devem ser identificados (Tb 1-1520-238-20-140, 2005).

O presente trabalho tem como objetivo analisar o potencial de contribuição da tecnologia de identificação automática como uma ferramenta de melhoria do sistema de manutenção aeronáutica, por meio da utilização de etiquetas de radiofrequência e CMB.

## 2 METODOLOGIA

De acordo com Silva e Menezes (2005), esta é uma pesquisa aplicada que destaca a rastreabilidade de itens aeronáuticos controlados com descrição das características associadas e apresenta exemplos de aplicação das tecnologias RFID e CMB na indústria aeronáutica e seus benefícios em que o processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Gil (1991) estabelece que a realização deste trabalho através de um levantamento de livros, trabalhos e outras pesquisas o define como uma pesquisa bibliográfica; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o uso de tecnologias RFID e CMB na indústria aeronáutica brasileira, e análises de exemplos que auxiliam a compreensão do assunto também foram utilizadas.

## 3 RESULTADOS

A manutenção é uma atividade antiga, e segundo Kardec e Nascif (2006), pode ser observada desde os primórdios, quando o homem utilizava recursos para manter seus instrumentos de caça e pesca em funcionamento por mais tempo.

Esses autores afirmam que a manutenção deve garantir a disponibilidade da função do equipamento e suas instalações, de modo a atender um processo ou serviço com confiabilidade e segurança. Dessa forma, a execução da manutenção aeronáutica deve, obrigatoriamente, priorizar a segurança de voo, atendendo aos padrões mínimos exigidos pelos fabricantes. Com o objetivo de atender a segurança de voo e os padrões exigidos pelas autoridades aeronáuticas, as empresas de manutenção precisam adotar um modelo de gestão de manutenção eficiente, que minimize os erros e melhore continuamente os processos.

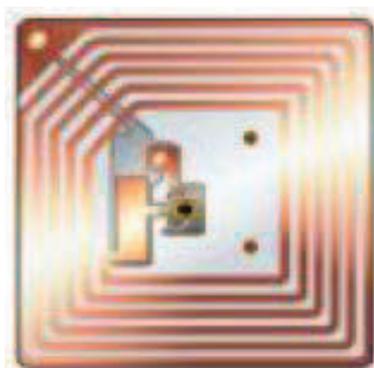
Em trabalho realizado por Jesus (2015) ratifica que no processo de manutenção, um dos maiores desafios é controlar a produtividade e a eficiência dos técnicos, profissionais que se ocupam das atividades de manutenção e garantem a disponibilidade das aeronaves e a segurança de voo. Isso porque suas atividades são dinâmicas, complexas e exigem experiência e conhecimento especializado, uma vez que a realização de cada tarefa deve ser feita dentro de um tempo determinado. Atualmente, o desafio é atender a demanda através de sistematizações que sejam eficientes, confiáveis, seguras e rastreáveis, proporcionando, algumas vezes até em tempo real, um controle mais eficaz das inspeções, manutenções e também do ferramental. Como consequência, tem-se a aeronave disponível para o voo mais rapidamente e com um elevado nível de segurança.

São, a seguir apresentadas análises sobre as características das tecnologias RFID e CMB e aplicações na manutenção aeronáutica.

### 3.1 Etiquetas de identificação por radiofrequência

Watt e Smith (1997) afirmam que os sistemas RFID foram desenvolvidos em 1973 e constituem o método mais avançado para identificação automática de peças e componentes aeronáuticos atualmente.

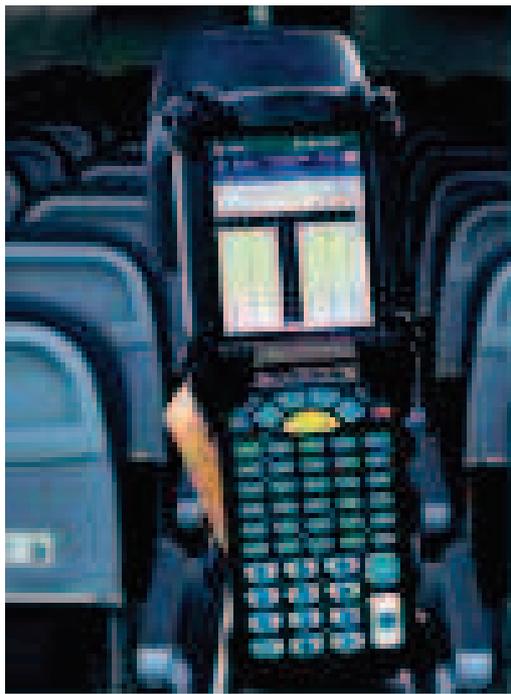
A tecnologia RFID é composta por um leitor (*interrogator* ou *reader*), um *transponder* conhecido como etiqueta (*tag*), e um computador ou outro sistema de processamento de dados. O *transponder* é constituído de um microchip e uma antena que em conjunto formam a etiqueta (*tag*), conforme apresentado na Figura 1. A grande maioria das etiquetas RFID utiliza um *microchip* de silicone para armazenar um único número de série e eventualmente, informação adicional. Neste *microchip*, os dados de origem, destino, fornecedor, data de expiração, informações de rastreabilidade são armazenadas. A antena da etiqueta é o dispositivo responsável pela conectividade por meio de ondas de rádio entre a informação armazenada no *microchip* e a antena do leitor. As etiquetas podem ser fornecidas em diversos formatos e tamanhos.



**Figura 1:** Etiqueta de Identificação por Rádiofrequência (Raimundo Paulo, 2007).

O leitor é basicamente um transmissor de radiofrequência e um receptor, o qual pode ser gerenciado por um microprocessador (Figura 2). Possui uma antena que faz a conexão com a antena localizada na etiqueta. Quando as duas antenas

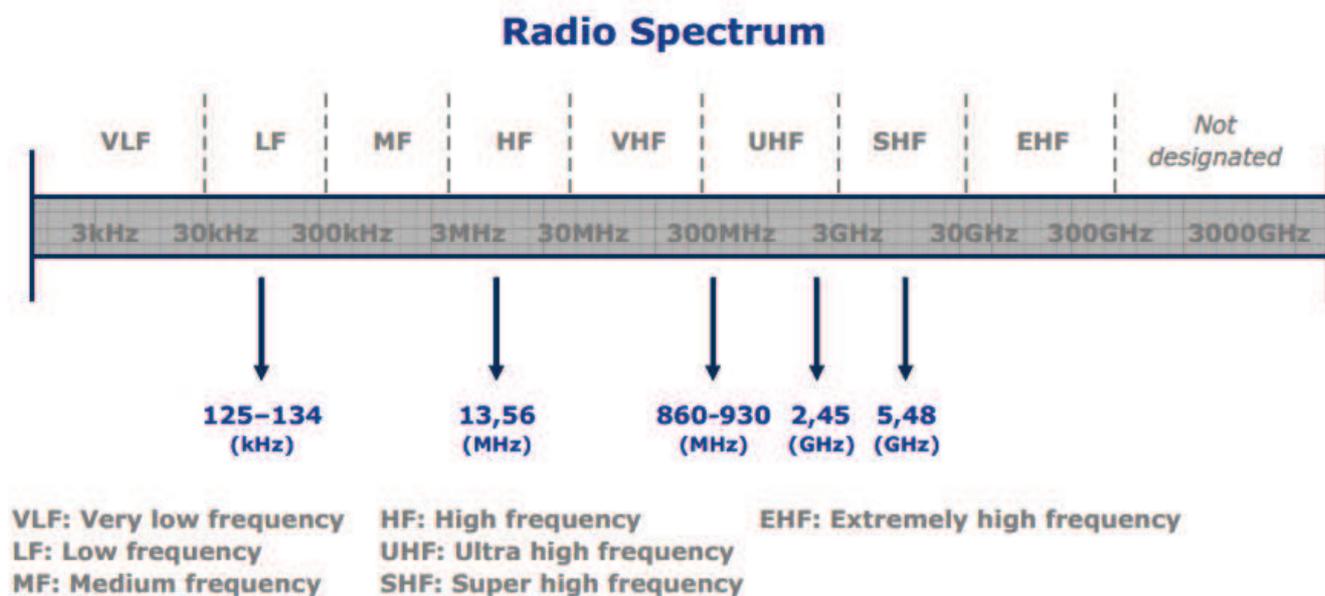
estão conectadas, ocorre a transmissão de dados. Da mesma forma que as etiquetas, os leitores são fornecidos em diferentes formatos e tamanhos dependendo da aplicação.



**Figura 2:** Modo de Leitura de Etiqueta de Identificação por Radiofrequência (Kumar, Coop, 2012).

Após a informação ser coletada pelo leitor ela precisa ser enviada para um sistema que vai fazer a análise necessária ou somente enviar a informação para uma base de dados.

As ondas de rádio são classificadas pelas suas frequências, as quais podem ser expressas em kilohertz (khz), megahertz (mhz), ou giga-hertz (ghz). Variam de 3khz a 3000 ghz, na fronteira com as frequências infravermelhas, conforme observado na Figura 3. As etiquetas RFID são classificadas entre *Low Frequency* (125-134 khz), *High Frequency* (13,56 mhz), *Ultra High Frequency* (860-930 mhz), e *Microwave* (2,45, 5,8 ghz).



**Figura 3:** Frequências Utilizadas em Sistemas RFID (Raimundo Paulo, 2007).

De forma geral, há uma relação entre a frequência da onda e o seu alcance de leitura, a velocidade de transferência de dados, e a sua capacidade de penetração (Tabela 1).

**Tabela 1:** Sumário das Características-Chaves dos Sistemas RFID (Adaptado de Raimundo Paulo, 2007).

	LF	HF	UHF	Microwave
Alcance máximo de leitura	< 0.5 m	1m	3m	1.5m
Razão de transferência de dados	Mais lenta	←————→		Mais rápida
Capacidade de leitura próximo de metais ou superfícies molhadas	Melhor	←————→		Pior
Tamanho da etiqueta passiva	Maior	←————→		Menor

As etiquetas RFID podem ser ativas ou passivas. O primeiro tipo não necessita de baterias e, portanto, a energia é fornecida pelo leitor. Quando as ondas de rádio do leitor encontram uma etiqueta RFID passiva, a antena localizada na etiqueta forma um campo magnético. Por meio deste, a etiqueta obtém a energia necessária para alimentar os circuitos e retornar o sinal ao leitor com os dados armazenados.

As etiquetas RFID ativas possuem o seu próprio transmissor e fonte de energia (eventualmente podem existir etiquetas alimentadas por energia solar ou outra fonte). O *chip* energizado emite sinais de forma contínua ou quando solicitado. Possui alcance maior que o das etiquetas passivas. Por outro lado, as etiquetas RFID ativas são relativamente muito mais caras, o que restringe a sua aplicação.

Raimundo Paulo (2007) ressalta que o uso de etiquetas RFID passivas já foi aprovado pela *Federal Aviation Administration* (FAA) em maio de 2005 por iniciativa conjunta da Boeing e Fedex em 2003 e 2004 em testar etiquetas RFID passivas aplicadas em componentes aeronáuticos e comprovar que não há interferência gerada por este sistema. Esta aprovação viabilizou a utilização destas etiquetas na aeronave 787 Dreamliner.

A decisão da FAA sobre o uso de etiquetas RFID ativas tem um impacto significativo para a manutenção aeronáutica. Caso esta aprovação ocorra, as etiquetas RFID vão ser elevadas de ferramentas de identificação e registro, para sensores distribuídos por toda a aeronave, com o potencial de formar uma rede *wireless* capaz de dar visibilidade das condições em que peças e componentes estão expostos. No curto prazo, este tipo de informação pode ser utilizado para antecipar um alerta à equipe de manutenção em solo de que um reparo vai ser necessário após o próximo pouso da aeronave numa localidade específica. Com isso, o deslocamento de pessoal qualificado e de sobressalentes pode ser planejado antecipadamente.

No longo prazo, a consolidação de dados de falhas de componentes aeronáuticos pode ajudar os fabricantes a identificar os itens críticos e propor modificações, concluiu Raimundo Paulo (2007) em seu trabalho.

Alguns exemplos de afiação de etiquetas RFID em componentes aeronáuticos podem ser encontrados na Figura 4.

**Figura 4:** Exemplos de Etiquetas RFID Afixadas em Componentes Aeronáuticos (Raimundo Paulo, 2007).

### 3.2 Botões de memória (contact memory buttons)

Watt e Smith (1997) explicam que os CMB foram desenvolvidos inicialmente por três empresas a saber, Dallas Semiconductor, MacSema e Valgay, cujos produtos compartilham algumas de suas características gerais. Os módulos das memórias consistem num *chip* semiconductor instalado num alojamento similar a uma bateria de relógio, conforme apresentado na Figura 5. A memória é acessada pelo toque de um dispositivo leitura/registo no alojamento do *chip* exemplificado na Figura 6.



Figura 5: CMB (Csorba, 2002).



Figura 6: Modo de Leitura (Csorba, 2002)

Os CMB armazenam dados numa escala muito superior à capacidade de armazenagem das etiquetas RFID. A sua capacidade de armazenamento aumenta de acordo com o seu tamanho, podendo variar de 128 bytes a 4 Gigabytes, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações dos CMB (Macsema, 2015).

Especificações dos CMB			
Especificações	Micro 	Mini 	Mega 
Tamanho de memória (Bytes)	4 Kb, 8 Kb	128 b, 64 Kb	8 Mb, 4 Gb
Peso (g)	0,17 g	0,77 g	5,0 g
Altura (mm)	2,11 mm	2,8 mm	5,1 mm
Diâmetro (mm)	7,56 mm	14,3 mm	28,6 mm

Os CMB podem armazenar não somente dados, como também imagens e vídeos. Esta condição torna esta tecnologia muito eficaz para a manutenção de itens aeronáuticos que demandam o monitoramento da sua condição de operação, tais como em monitoramento de evolução de trincas, marcas de impacto, erosão, dentre outros.

Os CMB são certificados pela FAA (Federal Aviation Administration), DoD (US Department of Defense) para a norma MIL-STD 810 G (Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests), e OTAN (North Atlantic Treaty Organization). Os CMB são mais resistentes a temperaturas extremas e intempéries. Watt e Smith (1997) ressaltam na descrição da tecnologia que apesar da sua maior robustez, quando comparado às etiquetas RFID (maior tolerância a temperaturas extremas e intempéries), a necessidade de contato para a leitura ou registro de dados pode limitar a sua aplicação em áreas confinadas e o preço muito mais caro.

Alguns exemplos de instalação de CMB em componentes aeronáuticos são disponibilizados na Figura 7.



Figura 7: Exemplos de Instalação de CMB em Componentes Aeronáuticos (Kumar & Coop, 2012).

#### 4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO

A análise das características das etiquetas RFID e CMB mostra pontos positivos e negativos que são relevantes para a tomada de decisão quanto à implementação de um sistema de gestão da manutenção com base nestas tecnologias. A diferença básica entre as etiquetas RFID e os CMB está ligada ao procedimento de leitura e registro dos dados nos respectivos *chips*.

Basicamente, a transferência de dados armazenados nas etiquetas RFID para o leitor de memória ocorre à distância, enquanto a transferência de dados dos CMB ocorre por contato. Após o recebimento destes dados nos leitores, os mesmos podem ser transmitidos para uma base de dados local, e finalmente armazenados em um sistema *Enterprise Resources Planning* (ERP) da empresa. Este esquema está apresentado na Figura 8.

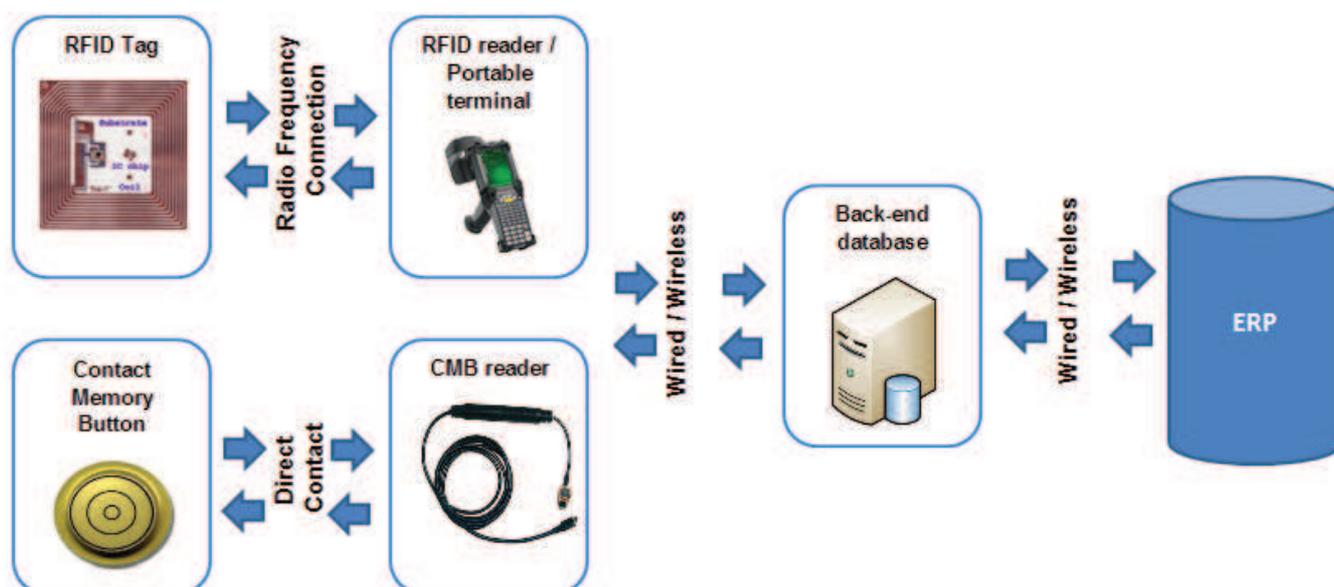


Figura 8: Transferência de Dados (Montagem do autor).

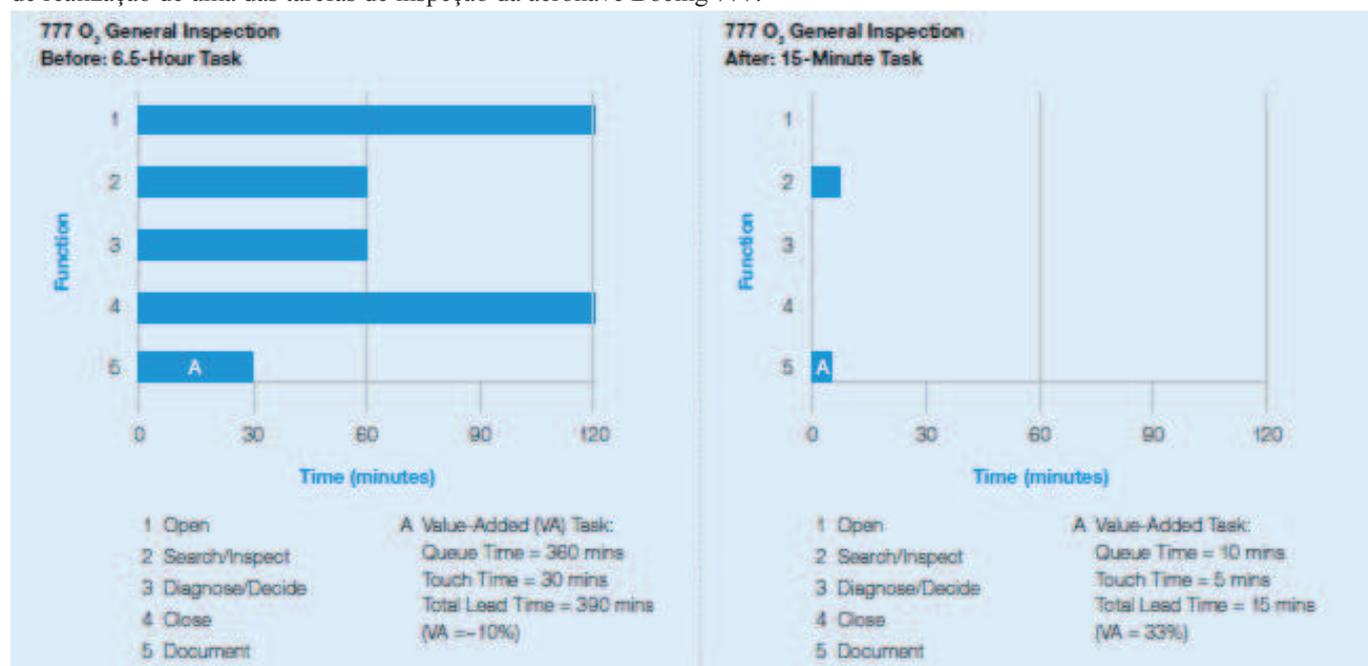
Se por um lado, os dados armazenados numa etiqueta RFID podem ser lidos à distância, por outro, estes dispositivos não são resistentes a temperaturas extremas envolvidas na operação de motores, como mencionado. Enquanto os CMB possuem uma excelente capacidade de armazenagem de dados, a necessidade de transferência de dados por contato limita a extensão de componentes a serem identificados por este dispositivo.

Ambas as tecnologias são compatíveis e se utilizadas de forma integrada podem oferecer uma solução mais abrangente para o gerenciamento dos itens aeronáuticos controlados.

Neste sentido, pode-se destacar o projeto *RFID Integration Solutions System*, iniciado pela Boeing e Fujitsu em 2012. Neste projeto são utilizadas as etiquetas RFID e os CMB de forma combinada com o objetivo de melhorar a eficiência da manutenção das aeronaves por meio da redução dos custos operacionais ligados a atividades de mão de obra intensiva.

Coop (2014) considera que a tecnologia de identificação automática é escolhida – basicamente, de acordo com o tipo de item a ser identificado; as etiquetas RFID são empregadas nos itens que apenas precisam ser checados se estão presentes ou não (e.g., itens de cabine, itens de emergência da aeronave), e os CMB empregados em itens que necessitam de informações mais detalhadas tais como histórico de manutenção (itens reparáveis, áreas de inspeção estrutural da aeronave).

Um dos benefícios do uso destas tecnologias na manutenção aeronáutica pode ser observado dentro do programa *RFID Integration Solutions System* supracitado. A Figura 9 apresenta, em termos comparativos, uma redução significativa no tempo de realização de uma das tarefas de inspeção da aeronave Boeing 777.



**Figura 9:** Redução do Tempo de Inspeção com o Uso de Tecnologias de Identificação Automática (Coop, 2014).

Craik (2007) ressalta que outro benefício diretamente ligado ao tempo de execução de tarefas de manutenção pode ser observado na realização do inventário de aeronaves. A marinha norte-americana (US NAVY) reportou uma redução de tempo para realizar um inventário de uma aeronave de três dias para quatro horas.

## 5 SÍNTESE

O modal aéreo tem se destacado pelo elevado nível de segurança em sua operacionalidade. Simultaneamente, a intensa competitividade do mercado praticamente obriga as empresas a unir diminuição de custos com segurança de voo.

A implantação da rastreabilidade digital representa um grande diferencial na celeridade da manutenção e na diminuição do tempo da aeronave em solo, buscando uma maior confiabilidade e segurança.

Com a implantação da rastreabilidade digital nos componentes aeronáuticos busca-se uma atuação sistemática e não apenas em nível de ferramental utilizados, representando uma maior segurança com uma maior disponibilidade da frota.

Por se tratar de uma tecnologia nova, ainda em implantação, estudos futuros devem verificar se o objetivo pretendido foi alcançado em sua plenitude.

Foram encontradas evidências dos benefícios da utilização das tecnologias de etiquetas RFID e CMB na melhoria da eficiência da manutenção aeronáutica no que se refere à redução dos tempos de inspeção, basicamente ligados a tarefas com mão de obra intensiva.

Após todas as análises e discussões realizadas, conclui-se que, estes componentes são extremamente importantes para a rastreabilidade de componentes e eficácia da manutenção.

Fica evidente também que a implementação dessas tecnologias de identificação pode ainda trazer benefícios em outras áreas ligadas à manutenção aeronáutica como na redução de inventários, na melhoria do acesso aos históricos de manutenção (casos de extravio de documentação), e nas análises de confiabilidade da frota.

A utilização destas tecnologias contribui para uma maior celeridade das investigações de incidentes e acidentes aeronáuticos, uma vez que a consulta ao histórico de componentes instalados pode ser, por vezes, realizada no local do acidente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (Cenipa). **FCA 58-1: Panorama estatístico da aviação civil brasileira**. Brasília, 2014
- CHANG, Y.s et al. **Development of RFID Enabled Aircraft Maintenance**. Korea: School Of Air Transport, Transportation & Logistics, Aviation University. 2006.
- COOP, Phil. RFID Integrated Solution System Optimizes Maintenance Efficiency. **Aero Magazine**, [S.l.], p.05-09, 01 dez. 2014. Quadrimestral. Disponível em: <[www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012\\_q1/2](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q1/2)>. Acesso em: 02 dez. 2014.
- CRAIK, R. **Future Inspection and Maintenance Improvements** (2007). Disponível em: <<http://www.aviation.ca/200711215127/featured/aviation-articles/general-interest/5127-future-inspection-and-maintenance-improvements>>. Acesso em: 21 nov. 2007.
- CSORBA, R. **An Analysis of Serial Number Tracking Automatic Identification Technology as Used in Naval Aviation Program**. Califórnia (EUA): Naval Postgraduate School Master's Thesis, 2002.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas. 1991.
- HOLLOWAY, Simon. **Potential of RFID in the Aerospace and Defense Market**. 2006. Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479351.aspx>>. Acesso em: 22 jan. 2014.
- JESUZ, K. **Manutenção Básica para Pilotos no Helicóptero Robinson, Tipo R22, Modelo Beta II**. 2015. Dissertação – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, 2015.
- KAPOOR, K. et al. **Strategy for the Development of a Web-Based Tool to Reduce Aviation Maintenance Errors**. Human Computer Systems Laboratory. Clemson University Clemson, South Carolina. 2005. Disponível em: <[http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/library/documents/media/human\\_factors\\_maintenance/hfes-final\\_394.pdf](http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/hfes-final_394.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 2 ed. 3 reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2006.
- KUMAR, Anil; COOP, Phil. **RFID Applications in Improving Quality, Productivity and Maintainability**. Geneva, Boeing, 2012. p.01-23. Disponível em: <[www.iata.org/whatwedo/workgroups/Documents/PaperlessSupplyChain/Boeing-App-Improving-Qlity.pdf](http://www.iata.org/whatwedo/workgroups/Documents/PaperlessSupplyChain/Boeing-App-Improving-Qlity.pdf)>. Acesso em: 04 jan. 2015.
- PRODUCT Catalog. [20--?]. Disponível em: <[www.macsema.com](http://www.macsema.com)>. Acesso em: 05 jan. 2015.
- RAIMUNDO, P.J.A. 2007. **RFID Technology Application in the Aviation Industry**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2007.
- RANKIN, W.I; ALLEN, J.P. Key Word Subject Index. In: HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING. **Proceedings...** [s.l.], v. 38, n. 19, p.1351-1382, out. 1994. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/154193129403801922>. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/154193129403801922>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- RFSense (Brasil). **Benefícios do RFID no controle de ferramentas**. [20--?]. Disponível em: <[rfsense.com.br/embraer.html](http://rfsense.com.br/embraer.html)>. Acesso em: 15 jan. 2015.
- ROZHDESTVENSKIY, D. **Product Tracking and Direct Parts Marking System Optimization**. Tese - The Concordia Institute for Information Systems Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canadá, 2010.
- SILVA, E.L; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC. 2005.
- TECHNIQUE DE L'INGENIEUR. [20--?]. Disponível em: <[http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique\\_193/complement-ou-alternative-a-la-rfid-le-bouton-a-memoire-cmb-article\\_7057/](http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/high-tech-thematique_193/complement-ou-alternative-a-la-rfid-le-bouton-a-memoire-cmb-article_7057/)>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- WATT, David; SMITH, M.; DAVID, P. **An Analysis Of Automatic Identification Technology Applications**. 1997. 113 f. Tese (Doutorado em Master Of Science In Management) - Naval Postgraduate School, California (EUA), 1997.

---

# Impacto do Envelhecimento da Frota Brasileira na Segurança de Voo

Josenei Godoi de Medeiros <sup>1</sup>, Fabiano Hernandes, Mariany Aline Antunes, Victor Silvano Costa, Cainã Renó Faria, Donizeti de Andrade

<sup>1</sup> joseneigodoi@yahoo.com.br

---

**RESUMO:** A idade cronológica de uma aeronave é relevante para a segurança de voo, sendo que a probabilidade de falha estrutural ou de outros componentes da aeronave aumenta com o seu envelhecimento. Este envelhecimento está ligado diretamente, não só a idade cronológica, mas também a outros fatores como o número de ciclos de voo e o número de horas de voo. A idade cronológica é, portanto, importante para se avaliar o desgaste de componentes e efeitos corrosivos ligados diretamente a ação do tempo. Dessa forma, este artigo apresenta a idade cronológica das aeronaves atuantes no Brasil com base nos dados fornecidos pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e a sua influência na segurança de voo, abordando acidentes aéreos ligados à esta característica, a evolução das normas regulamentadoras em relação ao envelhecimento e a idade das aeronaves que operam em alguns países. Observou-se que a idade média da frota de aeronaves atuantes no Brasil é de aproximadamente 8 anos, inferior à encontrada em países como Estados Unidos e Austrália que possuem aeronaves com idade média de 14 e 11 anos, respectivamente.

**Palavras Chave:** Segurança de voo. Aeronaves. Aviação civil.

## Impact of the Brazilian Fleet Aging on Flight Safety

**ABSTRACT:** The chronological age of an aircraft is relevant to flight safety, and the probability of failure affecting the aircraft structure or other components increases with aging. This issue is directly connected not only to the chronological age, but also to other factors such as the number of flight cycles and the number of flight hours. All the same, chronological age is important to assessing the wear of components and the corrosive effects directly related to the action of time. Thus, this article presents the chronological age of the aircraft operating in Brazil based on data provided by ANAC and the influence of aging on flight safety, addressing aviation accidents linked to this feature, the evolution of the regulatory standards in relation to aging and to the age of aircraft operating in some countries. The average age of the Brazilian fleet is 8 years, lower than the average found in countries like the US and Australia (14 and 11 years, respectively).

**Key words:** Flight safety. Aircraft. Civil aviation.

**Citação:** Medeiros, JG, Hernandes, F, Antunes, MA, Costa, VS, Faria, CR, Anndrade, D. (2017) Impacto do Envelhecimento da Frota Brasileira na Segurança de Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 25-32.

## 1 INTRODUÇÃO

Determinar a idade das aeronaves atuantes no Brasil é uma tarefa difícil, pois a mesma está relacionada a diversos fatores, tais como a idade cronológica, o número de ciclos de voo e o número de horas de voo. A idade cronológica é particularmente relevante para a corrosão e para o desgaste dos componentes, pois para ambos há um aumento dos efeitos ao longo do tempo. O número de ciclos (onde um ciclo vale uma decolagem e um pouso) vai causar danos por fadiga nas estruturas principais das aeronaves (asa, fuselagem, empenagem, e outros componentes estruturais). O número de horas de voo também pode estar associado à fadiga e por isso é outra medida importante da idade de uma aeronave.

Alguns acidentes aéreos ao redor do mundo já tiveram como fator contribuinte o envelhecimento das aeronaves (Wanhill, 2002). Esses acidentes implicaram em grandes mudanças na regulação - principalmente nos aspectos estruturais (Eastin and Sippel, 2012) e sistema de combustível - seja para as aeronaves em operação ou novas (projetos com datas posteriores aos novos requisitos).

Tais eventos demonstram as implicações na segurança de voo resultantes do envelhecimento das aeronaves e ainda confirmam a importância de programas eficazes de aeronavegabilidade continuada, bem como motivam o interesse do assunto por agências reguladoras (ATSB, 2007).

Este artigo tem como objetivo apresentar um dos fatores que determinam a idade da frota brasileira, sua idade cronológica, e também a influência que o envelhecimento tem sobre a segurança de voo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Histórico

#### 2.1.1 TWA (FAA, 2013)

O acidente com o TWA-800 (Reg. N° N93119) que aconteceu em julho de 1996, quando o Boeing 747 de 24 anos e 11 meses de idade e com 93.303 horas de voo, que partia de Nova York para Paris caiu no Oceano Atlântico, resultando na morte de todos os 212 passageiros e 18 tripulantes a bordo.

As investigações do NTSB (*National Transportation Safety Board*) (NTSB, 2000) concluíram que o acidente foi ocasionado pela explosão do tanque de combustível central da aeronave e que fatores de projeto, operacionais e de certificação contribuíram para aumentar o risco de ignição no interior daquela região.

No que tange aos aspectos de projeto e operacionais, a proximidade do tanque de combustível com o trocador de calor do sistema de ar-condicionado e o baixo nível de combustível no tanque central criaram uma atmosfera altamente inflamável.

Por sua vez, a formação de arco elétrico dentro do tanque não deveria ser possível de ocorrer, mas o conceito de certificação do tanque de combustível na época não levava em conta a deterioração das propriedades dos seus componentes internos.

Como essa deterioração dos componentes com o uso não era levada em consideração, não havia qualquer tipo de atividade de manutenção programada para determinar se os sensores de nível do tanque mantinham as propriedades de proteção à formação de arco elétrico para as quais foram qualificados, caracterizando um cenário de falha latente indetectável. A combinação da falha latente de um desses sensores com um curto-circuito da cablagem do avião foi, segundo o NTSB, responsável pela ignição dentro do tanque do Boeing.

### 2.1.2 Aloha Airlines (FAA, 2013)

O caso do voo 243 da Aloha Airlines aconteceu em abril de 1988. Esta aeronave possuía 19 anos de idade, 89.680 ciclos e 35.496 horas de voo, quando uma parte da fuselagem do Boeing 737 que voava de Hilo para Honolulu se despreendeu, ocasionando uma descompressão explosiva que arremessou uma aeromoça para fora da aeronave e obrigou o piloto a fazer um pouso de emergência.

As investigações do NTSB (NTSB, 1989) concluíram que a causa do acidente foi à falha do programa de manutenção da companhia em detectar danos significativos e fadigas na fuselagem, que levaram a falha da junta S.10L e a separação da parte superior da fuselagem.

Foi levantado que o número de horas voos ou de ciclos, do Boeing 737 do voo 243, ultrapassaram os estabelecidos pelo fabricante que era de 34.000 horas ou 34.000 ciclos, o que ocorrer primeiro. Como os fenômenos de compressão e descompressão da fuselagem estão intimamente ligados aos ciclos de voo, essa era uma falta grave com relação às premissas iniciais dos valores recomendados pelo fabricante. Além disso, a qualidade das inspeções realizadas não era compatível com os danos que estas inspeções deveriam ter capacidade de detectar – isto é degradação da colagem e trincas múltiplas na junção.

Todos esses fatores aliados a um processo de fabricação complicado e pouco robusto contribuíram para o desenvolvimento silencioso de falhas na camada adesiva, levando ao desenvolvimento de trincas muito pequenas nas imediações dos rebites responsáveis pela junção entre os painéis da fuselagem, caracterizando um cenário de MSD (*Multi-Site Damage* - presença simultânea de trincas por fadiga no mesmo elemento estrutural).

Os níveis de MSD apresentados no voo da Aloha foram severos o bastante para resultar em um WFD (*Widespread Fatigue Damage* - Dano Generalizado por Fadiga), condição na qual a estrutura deixa de possuir a resistência residual necessária para manter sua integridade.

### 2.1.3 EMB-201 (CENIPA, 2011)

Um incidente envolvendo aspectos de desgaste de aeronaves no setor aero-agrícola brasileiro ocorreu em janeiro de 2011 quando um modelo Ipanema EMB-201, aeronave agrícola utilizada para pulverização de plantações, perdeu a asa esquerda durante o voo ocasionando em perda de controle, queda da aeronave e falecimento do piloto.

A aeronave havia sido fabricada em 1975, portanto com 36 anos, e cerca de 6200h de voo, já tinha registro de acidentes anteriores, tendo inclusive permanecido por longos períodos sem uso e pertencido a mais de um operador. Todos esses fatores contribuíram para um controle ruim das atividades de manutenção e levantam dúvidas acerca da qualidade dos procedimentos realizados e da integridade da aeronave como um todo.

As investigações conduzidas pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) (CENIPA, 2011) concluíram que a falha estrutural da asa iniciou por uma trinca formada em razão de cavidades de corrosão, que acabou evoluindo para uma condição de fadiga do material da longarina.

### 2.1.4 Evolução da Regulação do Envelhecimento das Aeronaves

Embora o conceito de envelhecimento de aeronaves esteja normalmente relacionado à fadiga estrutural, houve também outras preocupações históricas que, se não alvo específico deste trabalho, merecem menção. Além da preocupação com envelhecimento da estrutura da aeronave, existem também aspectos relacionados à cablagem e inflamabilidade nos tanques de combustíveis.

Os dois principais acidentes relacionados a envelhecimento de aeronaves são o Aloha 243 e TWA 800, já resumidos neste trabalho. Tais acidentes promoveram a criação pela autoridade de aviação civil estadunidense, FAA (*Federal Aviation*

*Administration*), de um grupo de trabalho relacionado ao envelhecimento de aeronaves (AAWG – *Airworthiness Assurance Working Group*), que estabeleceu diversas ações relacionadas ao tema.

Um dos resultados principais deste grupo de trabalho é a criação, e emissão, a partir de 2007, do regulamento de aviação civil 14 CFR Part 26 - CONTINUED AIRWORTHINESS AND SAFETY IMPROVEMENTS FOR TRANSPORT CATEGORY AIRPLANES (EUA, 2017) com propósito de restaurar ou prover segurança operacional a aeronaves envelhecidas estabelecendo requisitos associados ao envelhecimento de aeronaves nas três preocupações anteriormente relacionadas: fadiga estrutural, cablagens, e inflamabilidade nos tanques de combustível; cujo correspondente foi emitido pela ANAC em 2010 - Regulamento Brasileiros da Aviação Civil (RBAC) nº 26 - AERONAVEGABILIDADE CONTINUADA E MELHORIAS NA SEGURANÇA PARA AVIÕES CATEGORIA TRANSPORTE (ANAC, 2013). Ressalta-se que este regulamento, RBAC 26, aplica-se a aeronaves categoria transporte; para outras categorias de aeronaves ainda não existe regulamento similar. A autoridade europeia, EASA, também pretende publicar regra similar, cuja proposta de regra já foi emitida (EASA, 2013).

É estabelecido pela subparte B do RBAC 26 que um programa, de manutenção das interconexões dos sistemas de cablagens (EWIS - *Electrical Wiring Interconnection System*) das aeronaves afetadas por este requisito, seja desenvolvido pelo detentor do certificado de tipo da aeronave. O surgimento do conceito de EWIS na aviação é recente - a fiação elétrica de um avião, incluindo todos os seus acessórios e elementos agregados passou a ser considerada como um sistema, e os regulamentos do FAA foram revisados de modo a incluir os requisitos aplicáveis a este novo sistema.

A subparte D do RBAC 26 requer uma análise da exposição à inflamabilidade de todos os tanques de combustível do projeto de tipo para as aeronaves afetadas por este requisito. A investigação do acidente com o voo TWA 800, indicou que o tanque central de combustível explodiu devido a uma fonte de ignição desconhecida. O NTSB emitiu recomendações destinadas a reduzir o aquecimento do combustível nos tanques centrais em toda a frota de aviões de transporte, reduzir ou eliminar a operação com vapores inflamáveis em tanques de combustível de aeronaves em processo de obtenção de certificado de tipo, e também para reavaliar o sistema de combustível quanto ao projeto e quanto às suas práticas de manutenção na frota de aviões de transporte.

Este acidente levou também a FAA a examinar as questões de segurança relativas a ocorrências de explosões de tanques de combustível, à adequabilidade da regulamentação existente, ao histórico da vida em serviço de aviões certificados conforme aqueles regulamentos, e práticas de manutenção utilizadas em sistemas de combustível. Foi, então, emitido o SFAR (*Special Federal Aviation Regulations*) 88, em 2001 (EUA, 2001), com equivalente Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica Especial 88 (RBHA-E 88) “Requisitos para Avaliação de Tolerância para Falhas do Sistema de Tanques de Combustível” (DAC, 2001) que adota o original estadunidense.

As subpartes C e E RBAC 26 estão relacionadas a dano generalizado por fadiga, ou WFD (*widespread fatigue damage*), e dados de tolerância ao dano para reparos e alterações respectivamente. Tais subpartes refletem, para aeronaves já em operação, requisitos existentes para as aeronaves novas. Os requisitos de aeronavegabilidade associados à fadiga que devem ser cumpridos para obter um certificado de tipo de uma aeronave civil (categoria transporte) estão contidos no §25.571 do RBAC 25 - Requisitos de aeronavegabilidade: aviões categoria transporte (ANAC, 2014), que adota integralmente o 14 CFR PART 25 (EUA, 2017). O principal objetivo deste requisito sempre foi o de evitar falhas catastróficas devido à fadiga estrutural durante a vida operacional da aeronave. No entanto, ao longo dos anos, as exigências mudaram acompanhando a base de conhecimentos sobre fadiga estrutural em aeronaves.

Existem três estratégias fundamentais de tratamento da fadiga estrutural que foram reconhecidas na regulamentação de aeronaves civis como abordagens aceitáveis para prevenir falhas catastróficas devido à fadiga. Elas são comumente referidas como: *Safe-Life* (Vida Limite), *Fail-Safe* (Resistência à Falha), e *Damage-Tolerance* (Tolerância ao Dano). Eastin e Sippel (2012) traz um detalhamento de cada uma dessas estratégias. Além destes três conceitos históricos, a mudanças mais atuais no §25.571 estão relacionadas ao chamado WFD (*widespread fatigue damage*), que é o dano generalizado por fadiga. O WFD também é incluído na Subparte C da última emenda do RBAC 26, datada de 8 de março de 2013.

### 2.1.5 Área de Estudo

A idade cronológica da aeronave, mesmo sendo apenas um dos fatores ligados ao envelhecimento, é em muitos casos usada como base para a análise das condições da aeronave. Isto se deve ao fato de alguns problemas encontrados nas aeronaves aumentarem com o tempo, como a corrosão (ATSB, 2007).

As aeronaves em operação na Austrália, em sua maioria, possuem idade média de operação de 11 anos (ATSB, 2007). Já as companhias aéreas nos Estados Unidos possuem aeronaves com média de idade de aproximadamente 14 anos, sendo que algumas grandes empresas, como a American Airlines e a Delta/Northwest Airlines, possuem as frotas mais velhas, com idade média de 16 anos (Pawlowski, 2010).

A utilização de aeronaves com idade de operação maior está ligada diretamente aos fatores econômicos, sendo este o principal item que influencia na decisão de substituição da frota por parte das empresas aéreas (Brannen, 1991). Em diversos casos, o uso por longo tempo de uma mesma aeronave é devido aos elevados custos da renovação da frota e em muitos casos as empresas optam por manter as aeronaves em operação após a sua vida útil (ATSB, 2007).

De acordo com o ATSB (Australian Transport Safety Bureau) as aeronaves australianas possuem baixa idade cronológica devido às substituições de frota realizada pelas empresas aéreas, as quais optaram pela compra em vez de gastar recursos financeiros com a manutenção das antigas aeronaves (ATSB, 2007). As operadoras americanas, por sua vez, optam por continuar utilizando as aeronaves, por estarem regulamentadas pelas normas americanas que atualmente são as mais desenvolvidas do mundo em relação à segurança e manutenção (Pawlowski, 2010).

Para que seja possível manter em operação as aeronaves por mais tempo e de forma segura, é necessário que haja um programa de manutenção por parte das empresas aéreas, o qual englobe a detecção de problemas decorrentes do tempo e ciclo de voo, tais como trincas por fadiga e corrosão (Brannen, 1991). Dessa forma, há um controle do envelhecimento e a aeronave pode ser operada além da idade de “aposentadoria” anteriormente esperada.

O programa de manutenção das aeronaves australianas está diretamente ligado às normas da CASA (Civil Aviation Safety Authority) que separa os requisitos de manutenção em duas classes de aeronaves. A classe “A” engloba aeronaves categoria transporte que são utilizadas em operação de transporte regular, enquanto a classe “B” são todas as outras que não classe “A”. Para classe “A” é requerido um programa de manutenção aprovado pela CASA, que considere o programa de manutenção do fabricante bem como outros programas suplementares de inspeção. A classe “B” pode optar pelo uso do programa de manutenção do fabricante, do programa de manutenção da CASA ou por uma combinação desses programas (ATSB, 2007).

O programa de manutenção das aeronaves nos Estados Unidos é determinado através das normas regulamentadoras da FAA (Federal Aviation Administration), a qual determina que os operadores sejam os responsáveis pela manutenção de suas aeronaves e pelas inspeções programadas. Devido aos acidentes ocorridos no EUA, como o do Aloha Airlines 243, a FAA limitou o ciclo de vida de vários aviões comerciais (FAA, 2008), e especificou os requisitos para inspeção do sistema do tanque de combustível em todas as aeronaves a turbina.

O programa de manutenção das aeronaves europeias é regulamentado pela EASA (*European Aviation Safety Agency*), a qual determina que cada operador da aviação comercial é o responsável por manter as aeronaves em operação e também pelo seu programa de manutenção, conforme Part M (EASA, 2015). Além dos itens abordados pelo Part M, as empresas devem seguir a Leaflet N 11: Continued Airworthiness of Ageing Aircraft Structures publicado pela JAA (Joint Aviation Authorities), a qual inclui inspeções estruturais, prevenção e controle de corrosão, modificação de aeronaves antigas, avaliação de reparos e outros.

No Brasil, a ANAC regulamenta os requisitos de operação das aeronaves e dos seus programas de manutenção. O RBAC 121 (REQUISITOS OPERACIONAIS: OPERAÇÕES DOMÉSTICAS, DE BANDEIRA E SUPLEMENTARES) possui requisitos quanto ao plano de manutenção incluindo, como no caso da FAA, requisitos diretamente ligados à manutenção de cabeamento e tanque de combustível. Os requisitos operacionais associados ao envelhecimento de aeronaves estão na subparte AA do RBAC 121, seções 121.1101 a 121.1117.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A frota brasileira (RAB, 2017), considerando transporte aéreo regular, é relativamente nova, sendo a média de idade das aeronaves de aproximadamente de oito anos. A frota nacional, considerando aeronaves com Certificado de Aeronavegabilidade em situação normal, possui 9556 aeronaves, que possuem uma média de 23,8 anos. Deste total ressaltamos 477 operando na categoria de transporte regular e 604 operando táxi-aéreo (com média de idade de 23 anos).

Os gráficos, mostrados nas figuras de 1 a 4, são gerados a partir de dados disponíveis no site da ANAC (RAB, 2017) e ajudam a entender melhor o panorama de envelhecimento da frota brasileira e a compreender melhor a necessidade dos planos de manutenção e onde eles devem se focar.

A idade média das frotas varia de acordo com o operador, sendo que a Abaeté Linhas Aéreas tem a frota mais velha, com idade média de 42 anos e a Oceanair Linhas Aéreas S.A. com a frota mais nova, com média de 4,56 anos, que é reflexo da idade da própria companhia e de investimentos recentes, como ilustrado na Figura 1.

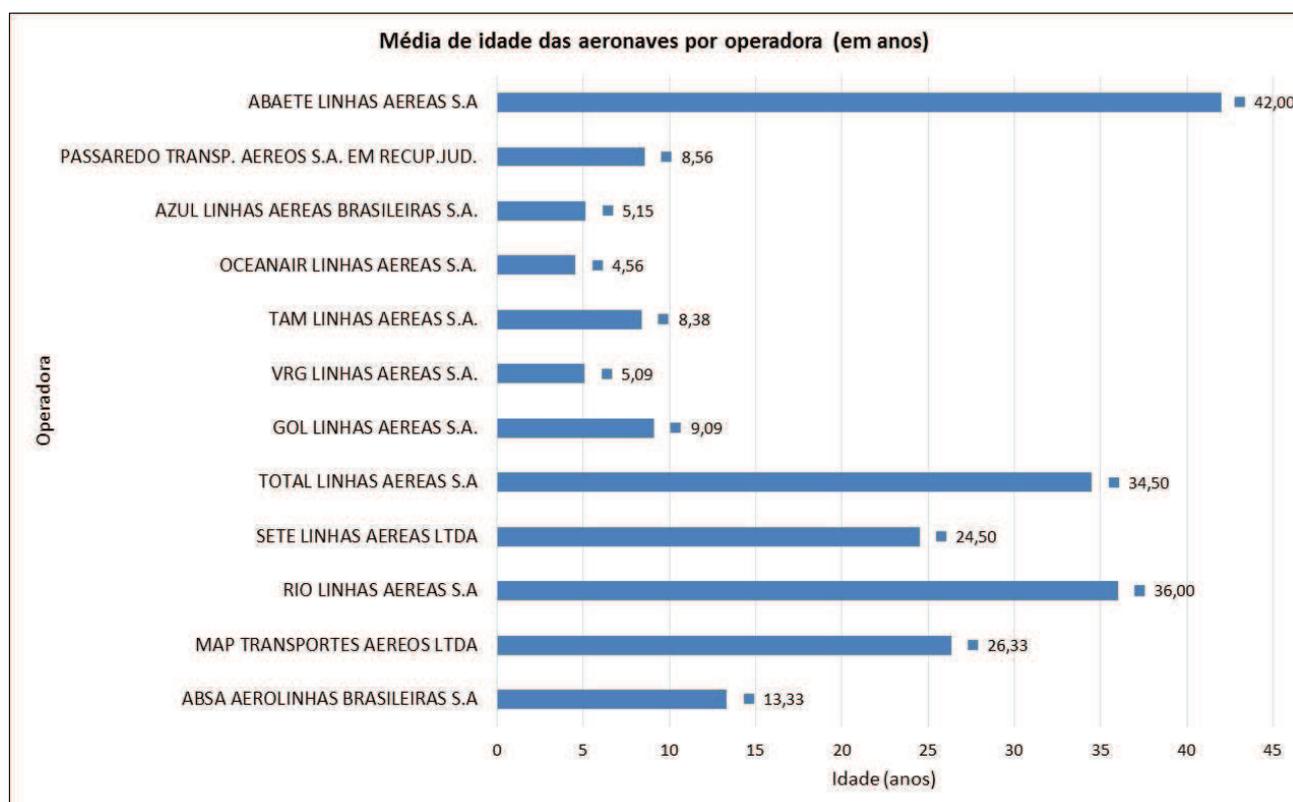


Figura 1: Média de idade das aeronaves por operadora. (RAB,2014)

É importante notar que mesmo em uma companhia cuja média de idade das aeronaves é baixa, é preciso manter a atenção no que diz respeito ao envelhecimento das aeronaves, posto que a mesma pode ter aeronaves em idade mais elevada, mesmo que em número menor, como ilustrado na Figura 2.

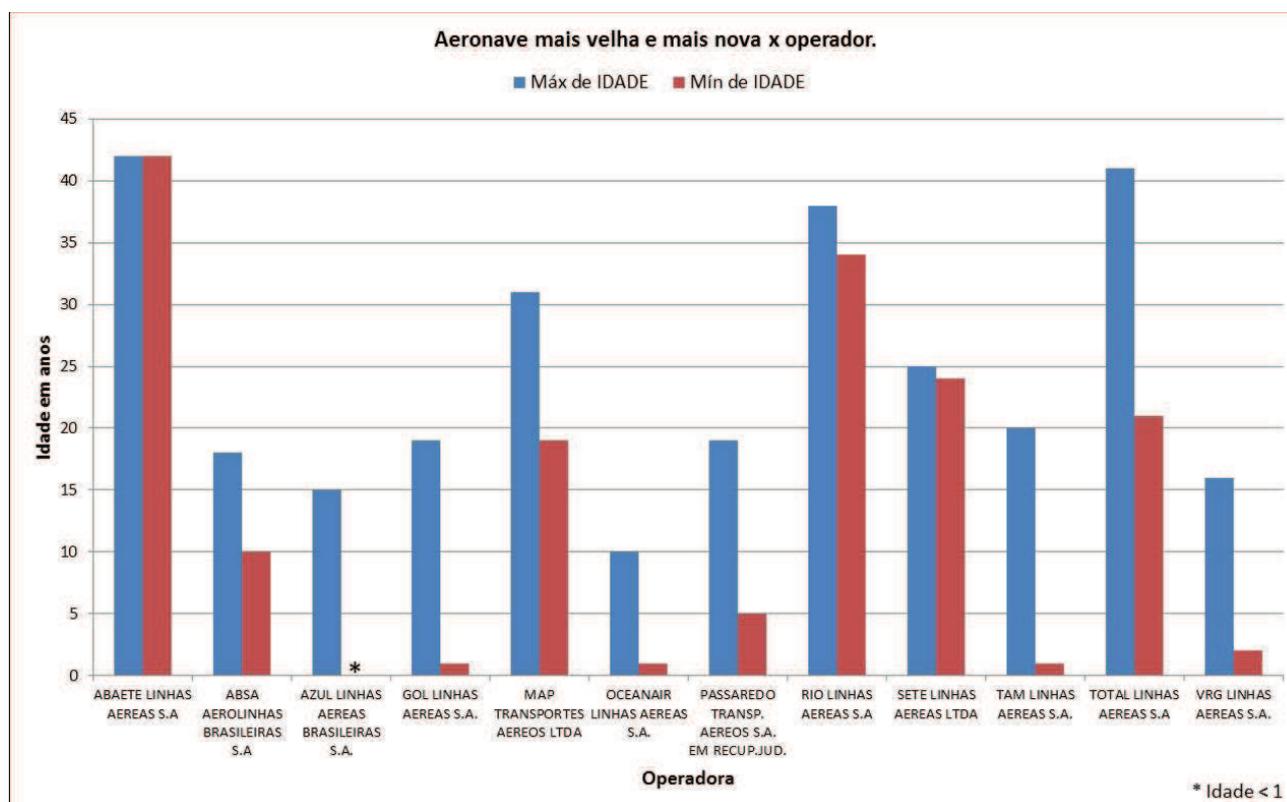
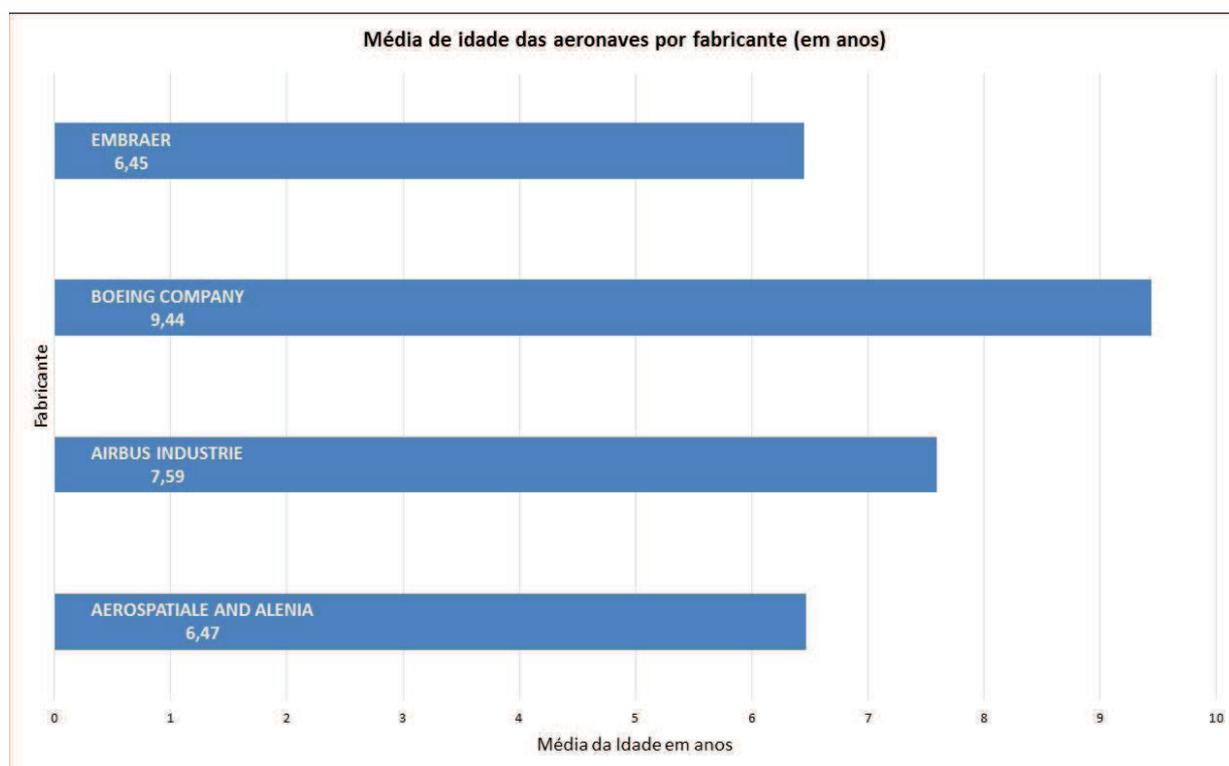


Figura 2: Aeronave mais velha e mais nova de acordo com operador. (RAB,2014)

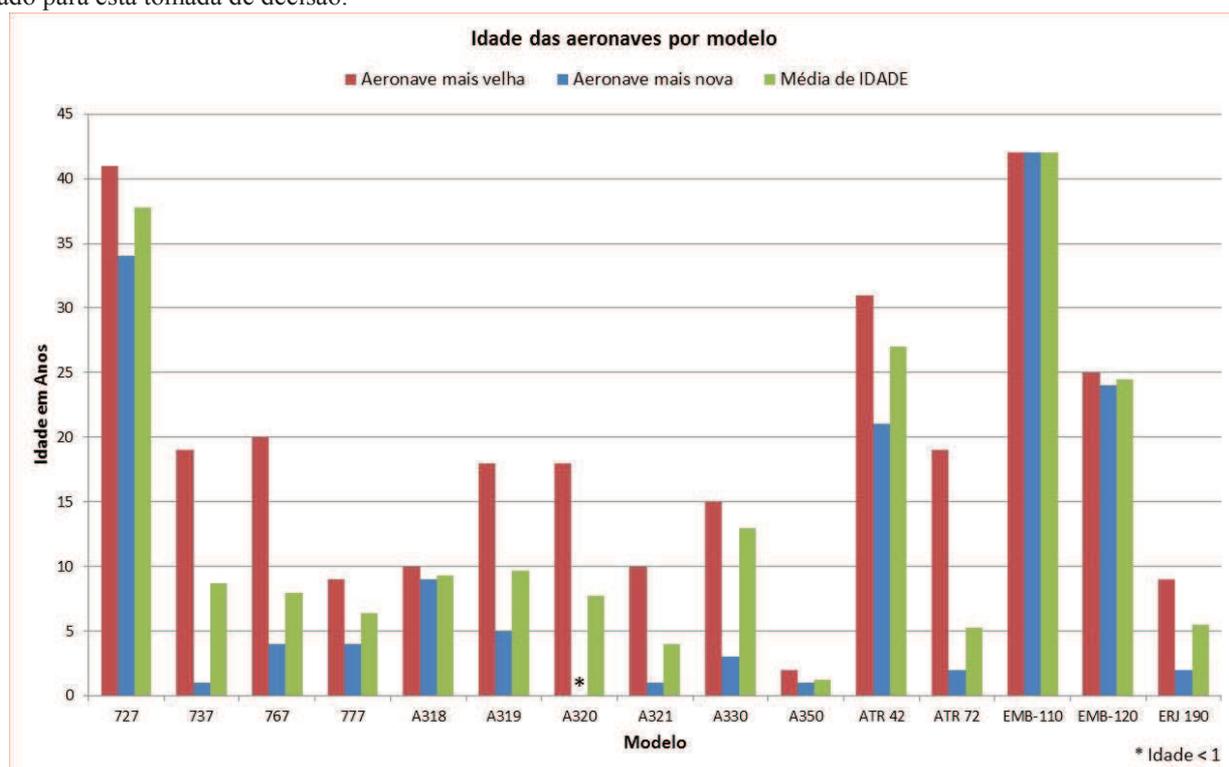
No que se refere à média de idade de acordo com o fabricante, as aeronaves mais velhas do Brasil são da Boeing, com média de idade de 9,44 anos e as mais novas são aviões da Embraer, com média de 6,45 anos, Figura 3. É interessante notar que a tendência de menor idade está fortemente correlacionada com o operador em questão, já que boa parte dos aviões da Azul Linhas Aéreas são jatos produzidos pela Embraer.



**Figura3:** Média de idade das aeronaves por fabricante. (RAB,2014)

Da mesma forma essa lógica, se aplica à maior média de idade, pois a Abaeté Aéreas, operador com aeronaves de maior média de idade, possui apenas uma aeronave da Boeing com idade de 42 anos. Até mesmo a segunda maior média de idade, a operadora Total Linhas Aéreas, possui a aeronaves com maior idade produzidas pela Boeing e uma somente uma aeronave produzida.

A VRG Linhas Aéreas S.A., conhecida comercialmente como Gol Linha Aéreas, tem sua frota composta por Boeing 737, com média de idade de 7 anos. Algumas dessas aeronaves não possuem nem dois anos de operação, enquanto outras chegam próximas aos 15 anos, como apresentado na Figura 4. Já a TAM linha Aéreas possui sua frota composta basicamente por Airbus A320 com idades que variam desde 1 a 20 anos, com média de idade de 8 anos. Estes dados indicam para ambas companhias aéreas que há uma renovação de suas frotas, pois é possível encontrar um número considerável de aeronaves com menos de 5 anos. Esta renovação é feita de acordo com diversos fatores técnicos e econômicos, tendo cada empresa um departamento adequado para esta tomada de decisão.



**Figura 4:** Idade das Aeronaves por Modelo. (RAB,2014)

## 4 CONCLUSÃO

O envelhecimento das aeronaves é assunto cada vez mais estudado pelas agências reguladoras mundiais, tendo como um dos principais motivos o aumento da frota, o comércio de aeronaves em idade mais avançada entre diferentes países e acidentes tendo como fator contribuinte o estado de envelhecimento das aeronaves. Em diversos países ocorreram acidentes ligados ao estado de envelhecimento, os quais levaram a grandes mudanças nas normas regulamentadoras.

A idade da frota de aeronaves atuantes de transporte regular no Brasil é de aproximadamente 8 anos, inferior ao encontrado em países como Estados Unidos e Austrália que possuem aeronaves com idade média de 14 e 11 anos, respectivamente. Operadoras como a Oceanair Linhas Aéreas S.A., Azul Linhas Aéreas S.A. e VRG Linhas Aéreas S.A. possuem aviões com média aproximada de idade de 5 anos, indicando que houve uma recente renovação da frota. Apesar desta renovação nas aeronaves categoria transporte, são importantes as normas regulamentadoras no Brasil relacionadas ao envelhecimento das aeronaves, para que seja mantida a qualidade das aeronaves antigas.

Sugere-se para trabalhos futuros refinar a pesquisa, considerando categorias de projetos de aeronaves, e categoria de operação, buscar junto aos operadores nacionais uma melhor relação entre ciclos de voo, horas de voo, e idade cronológica, pesquisar eventos no Brasil relacionados ao envelhecimento de aeronaves e como está sendo tratado o descarte das aeronaves envelhecidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTRÁLIA. Australian Transport Safety Bureau (ATSB). **Aviation Research and Analysis Report - B20050205**: How Old is Too Old? The impact of ageing aircraft on aviation safety. [S.l.: s.n.], 2007. 78 p.
- BRANNEN, E.. The Problem of Aging Aircraft: Is Mandatory Retirement the Answers? *Journal Of Air Law And Commerce*. [s. L.], p. 425-467. 25 nov. 1991.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) 2014**:. Disponível em: <[http://www2.anac.gov.br/rab/servicos/certidao\\_inteiro.asp](http://www2.anac.gov.br/rab/servicos/certidao_inteiro.asp)>. Acesso em: 03 mar. 2017.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 25**: Requisitos de aeronavegabilidade. Brasília, 2013. 300 p.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 26**: Aeronavegabilidade continuada e melhorias na segurança para aviões categoria transporte. Brasília, 2013.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **RELATÓRIO FINAL A – nº 088**. Brasília, 2011.
- \_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil (DAC). **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica Especial 88**: requisitos para avaliação de tolerância para falhas do sistema de tanques de combustível. DOU, 27 Ago 2001.
- EASTIN, R. G.; SIPEEL, W. The “WFD rule” - have we come full circle? In: 2011 USAF AIRCRAFT STRUCTURAL INTEGRITY CONFERENCE , 29th November. **Proceedings...** Texas: San Antonio, 2011.
- ESTADOS UNIDOS. **Code of Federal Regulations, Title 14 - Aeronautics and Space, Part 25 - Airworthiness standards: transport category airplanes**. Washington. 2017.
- \_\_\_\_\_. **Code of Federal Regulations, Title 14, Aeronautics and Space, Part 26**: Continued Airworthiness and safety improvements for transport category airplanes. Washington, 2017.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **DOCKET Nº. FAA-1999-6411**: Special Federal Aviation Regulation. Washington, 2001.
- \_\_\_\_\_. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). Lessons Learned from Civil Aviation Accidents. **TWA Flight 800, Boeing 747-100, N93119**. Disponível em: <[http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=3&CategoryID=2&LLID=21](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=3&CategoryID=2&LLID=21)>. Acesso em: nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). Lessons Learned from Civil Aviation Accidents. **Aloha Airlines Flight 243, Boeing 737-200, N73711**. Disponível em: <[http://lessonslearned.faa.gov/ll\\_main.cfm?TabID=3&CategoryID=7&LLID=20](http://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=3&CategoryID=7&LLID=20)> Acesso em: nov. 2015.
- \_\_\_\_\_. Department of Transportation. Federal Aviation Administration (FAA). **Aviation Maintenance Technician Handbook - General**. Airmen Testing Standards Branch, Washington. 2008.
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board (NTSB). **Aircraft Accident Report: Aloha Airlines Flight 243, Boeing 737-200, N73711, Near Maui, Hawaii, April 28, 1988**. NTSB, Washington, DC, 1989. 295 p.
- \_\_\_\_\_. National Transportation Safety Board (NTSB). **Aircraft Accident Report NTSB/AAR-00/03**: In-flight Breakup Over The Atlantic Ocean, Trans World Airlines Flight 800, Boeing 747-131, N93119, Near East Moriches, New York, July 17, 1996. Washington. 2000.
- EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **Notice of Proposed Amendment 2013-07**. Ageing aircraft structures. 2013. 203 p.

- 
- \_\_\_\_\_. **Annex I to the Executive Direction Decision 2015/029/R**: Continuing airworthiness requirements, Part-M - AMC/GM, Issue 2. 2015. 253 p.
- HERRERA, J.M.; VASIGH, B. A Basic Analysis of Aging Aircraft, Region of the World, and Accidents. **Journal Of Business & Economics Research (JBER)**. [S. l.], p. 121-132. 05 jul. 2009.
- LINCOLN, J.W. Managing the Aging Aircraft Problem. **Defense Technical Information Center Compilation Part Notice ADP014059**. 2011. 9 p.
- PAWLOWSKI, C. **How old is the plane you're flying on?** 2010. Disponível em: <http://edition.cnn.com/2010/TRAVEL/02/01/planes.age.dreamliner/>. Acesso em 09 nov. de 2015.
- WANHILL, R. J. H. Milestone Case Histories in Aircraft Structural Integrity, NLR-TP-2002-521. In: ELSEVIER SCIENCE. **Comprehensive Structural Integrity**. Holanda, Amsterdam: Elsevier Science, 2002. 25 p.

---

# Atualização Tecnológica em Helicópteros de Segurança Pública

Márcio Luiz Ramos Pereira<sup>1,3</sup>, Marcio Cardoso Machado<sup>2</sup>

1 Tenente-Coronel da Reserva da Polícia Militar do Distrito Federal. Mestre em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Professor EaD da Faculdade de Tecnologia AEROTD SC.

2 Suboficial da Reserva da Força Aérea Brasileira. Ex-Professor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Professor do Programa de Mestrado da Universidade Paulista - UNIP. Professor da PUCSP. Doutor em Engenharia.

3 marcio.mardf@yahoo.com.br

---

**RESUMO:** Este artigo propõe alternativa de busca do aumento qualitativo da segurança de voo por meio de atualizações tecnológicas dos helicópteros operados por instituições de segurança pública. Toma-se como ponto de partida a padronização acidental da frota, o H350 ou AS50, denominado Esquilo, que compõe a espinha dorsal da aviação policial e é a aeronave preponderante no desempenho das missões atinentes. Tal padronização decorre de ser aquela aeronave o único helicóptero leve montado no Brasil. O Esquilo apresenta capacidade de up grade e de aplicação de acessórios tecnológicos para otimizar o uso de sua versatilidade nas tarefas para as quais é designado. A metodologia adotada é o estudo de caso – ocorre a abordagem de duas atualizações tecnológicas, a primeira levada a efeito pela US NAVY em seu programa para revitalizar o helicóptero naval Kaman SH-2F Seasprite para o SH-2G Super Seasprite; a segunda é nacional, adequada a realidade dos operadores brasileiros, a conversão do H350 Esquilo modelo B em AS 50 modelo B2, conduzida na Polícia Militar do Distrito Federal. Os programas demonstram-se efetivos para os dois operadores. A revisão teórica situa cronologicamente a atividade aérea de segurança pública na realidade brasileira e faz a análise sob a ótica operacional e do cenário no qual se processa, bem como conceitos e componentes de survivability, originalmente pertinentes à aviação de combate adaptados à atividade em tela. As atualizações tecnológicas consideram a influência da manutenção para a segurança de voo e a experiência do uso do Health Usage Monitoring System (HUMS) na aviação militar e civil offshore. Como resultado há recomendações aos operadores de aviação de segurança pública, concernentes às possibilidades de atualizações tecnológicas e de acessórios adequados ao cumprimento das missões que lhes são peculiares.

**Palavras Chave:** Segurança pública. Helicópteros. Atualização tecnológica.

## Technological Update of Public Security Helicopters

**ABSTRACT:** This article proposes an alternative in the quest for increasing the quality of flight safety by means of the technological update of helicopters operated by law-enforcement institutions. As a starting point, it took into account the incidental standardization of the fleet. The H350 (or AS50) composes the spinal cord of airborne law-enforcement units, and is the main aircraft utilized in the accomplishment of missions. Such standardization results from the fact that it is the only type of helicopter assembled in Brazil. The AS 50 presents the ability to be upgraded and to apply technological accessories to optimize the use of its versatility in performing the required tasks. The case study methodology has been adopted. There are two technological update approaches. The first one is conducted by the US NAVY in its program to upgrade the helicopter Kaman SH-2F Seasprite into the SH-2G Super Seasprite; the second one, adopted by Brazilian operators and adequate for our reality, is the conversion of the H350B model into the AS50B2 model carried out by the PMDF (Federal District Military Police). Both programs have proven effective for the respective operators. The theoretical review describes the time line of airborne law-enforcement activities in the Brazilian reality, and analyzes, from an operational standpoint, the environment in which the activities take place, together with concepts and aspects of survivability adapted from air combat aviation. The technological updates value the influence of the maintenance on flight safety and the experience of the utilization of the *Health Usage Monitoring System* (HUMS) in military and civil offshore aviation. As a result, there are recommendations to the airborne law-enforcement units, concerning the possibility of technological updates and installation of accessories necessary for accomplishing the missions.

**Key words:** Public security. Helicopters. Technological update

**Citação:** Pereira, LR, Machado, MC. (2017) Atualização Tecnológica em Helicópteros de Segurança Pública. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 33-40.

## 1 INTRODUÇÃO

Um fenômeno que permeia o cotidiano brasileiro é a percepção do recrudescimento da violência e de desastres naturais que ensejam a intervenção do Estado. Em ambos os casos, a dinâmica do ambiente em que se processam são adequadas ao emprego de aeronaves de asas rotativas. É cada dia mais comum o emprego de helicópteros por organismos de segurança pública para prevenir e reprimir a criminalidade e resgatar e socorrer vítimas. As características operacionais fazem desse recurso aéreo o

instrumento com maiores chances de sucesso para inserção, operação e retirada de ambientes conflagrados nas situações descritas.

No Brasil, helicópteros a serviço do Estado na esfera estadual têm como operadores tanto órgãos de segurança pública integrados, como operadores de corporações individuais. Um exemplo síntese é o estado do Rio de Janeiro, que possui como este tipo de operador suas polícias civil e militar e o corpo de bombeiros e ainda um operador integrado que é a Coordenadoria Adjunta de Operações Aéreas, CAO. Estes organismos têm seus esforços difusos e superpostos por organismos federais, como, por exemplo, o Departamento de Polícia Federal (DPF).

São mais de trinta os operadores de segurança pública que utilizam helicópteros em suas atribuições (PILOTOPOLICIAL, 2010). Dados estatísticos de acidentes aeronáuticos de segurança pública desde 1997 chamam a atenção por trazer fatalidades quase todos os anos (ANAC, 2008). Em oposição à heterogeneidade de operadores, há a homogeneidade da frota operada, a ampla maioria dos equipamentos é de um modelo único de helicóptero em distintas versões, este é montado no Brasil. Em face disso, a predominância de um equipamento em comum permite o estudo fundamentado nas experiências levadas a cabo por número determinado de operadores cujos resultados possam ser de aplicação comum aos organismos em questão.

### 1.1 ABORDAGEM DO PROBLEMA

No país existe um total de 141 helicópteros, distribuídos em 16 unidades federativas, operados por 43 organismos empenhados em segurança pública e defesa social. Relatório operacional produzido e divulgado pela Agência Nacional de Aviação Civil, ANAC (ANAC, 2008), aponta participação desproporcional deste segmento no total de acidentes aeronáuticos registrados.

As iniciativas individuais dos organismos operadores para a aquisição e composição de seus recursos aéreos, sem o componente científico resultam atualmente em helicópteros com baixa dotação de tecnologia embarcada; o emprego de aeronaves de uma gama variada de modelos para as mesmas tarefas é a tônica e ao tornar-se obsoleto o recurso, não há rotina administrativa estabelecida para promover atualização do equipamento ou a aliená-lo.

Por exemplo, temos a PM do estado de São Paulo, atualmente o maior operador policial nacional, com 22 helicópteros, sendo 20 HB350/AS50 Esquilos, um EUROCOPTER EC135 e um Schweizer CB 300. Nesta aparente padronização dos 20 Esquilos há três versões, a saber: um modelo B, cinco modelo BA e catorze modelos B2 (PILOTOPOLICIAL, 2010).

O teatro de operações da aviação de segurança pública é usualmente hostil, com vários obstáculos artificiais e naturais e podendo atingir condições operacionais extremas, por exemplo, com carga externa sem seguir o estabelecido legalmente pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 133, com pousos em terrenos inadequados e não preparados, e ainda submetendo as tripulações à pressão psicológica (ANAC, 2008).

O quantitativo referente aos acidentes e ao grau de severidade decorrente, no período compreendido entre 1997 e 2008, é de 21 acidentes, destes 10 foram fatais, computando-se 24 óbitos (ANAC, 2008). Chega ao percentual de 10% do total de acidentes envolvendo helicópteros, o que é considerado elevado pela autoridade reguladora da aviação civil brasileira (ANAC, 2008).

O intuito da abordagem do tema é coletar e analisar as informações referentes às técnicas operacionais e o uso de itens tecnológicos para servirem como referenciais para atualizações tecnológicas, visando ao aumento qualitativo da segurança de voo.

A intenção da pesquisa é a identificação das características fundamentais dos operadores de segurança pública no Brasil e ainda demarcação das boas práticas de operadores internacionais cujo perfil de operação seja similar ao do aludido segmento brasileiro.

Assim a investigação científica cujo propósito é estabelecer o universo abordado, utiliza-se de visitas a operador, entrevista com o comandante do serviço aéreo da PMDF, análise documental de conversão de modelos e aplicações de recursos tecnológicos às aeronaves. A hipótese a ser considerada é que a atualização tecnológica dos helicópteros já empregados pelos serviços aéreos de segurança pública no país é capaz de mitigar os riscos inerentes à atividade, de gerar economia de recursos materiais e de preservar a vida e o bem-estar das tripulações envolvidas e do público atendido.

### 1.2 METODOLOGIA

A metodologia funda-se na revisão bibliográfica do emprego, evolução e das atualizações tecnológicas de helicópteros em uso; constroem-se críticas de boas práticas na operação de helicópteros, levantamentos de dados junto a operadores e empresas, o que permite a apresentação de possibilidades tecnológicas que confirmam com lastro científico as conclusões do presente artigo.

O método escolhido para a realização do presente estudo foi o indutivo a partir do estudo de caso. A natureza da pesquisa é de caráter aplicado, pois busca a adequação tecnológica para um problema concreto dos equipamentos obsoletos utilizados pelos serviços aéreos de segurança pública no Brasil (VOSS, 2002). O caráter da pesquisa é exploratório, haja vista o interesse

a cerca das implicações advindas da questão da desatualização tecnológica às aeronaves para a segurança de voo na aviação de segurança pública (SILVA 2005).

Deste modo propõe-se a abordar a atualização tecnológica na US NAVY e da PMDF, pelas peculiaridades de seus programas de atualizações, e pela discrepância que há entre elas em relação ao tamanho das frotas, e as semelhanças referentes à quantidade de operadores dos respectivos modelos, e às características multimissão de ambas as plataformas. Busca-se nos casos estudados, um com uma frota numerosa e antiga e o segundo um conjunto unitário avaliar o impacto na segurança de voo.

A pesquisa valeu-se de visitas a operador, entrevista com o gestor na PMDF de um dos casos estudado, análise de documentos pertinentes à conversão de modelos e aplicações de recursos tecnológicos às aeronaves. Procedeu-se ainda no envio de questionários exploratórios aos chefes responsáveis pelos serviços aéreos ou ao agente de segurança de voo dos respectivos operadores, com perguntas objetivas, informando os casos de marcação de mais de uma opção e o espaço para posicionamento nos pontos de interesse, visando reunir e analisar informações convincentes quanto à efetividade para a segurança de voo das atualizações tecnológicas considerando a filosofia do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáutico (SIPAER) e o trinômio: meio-homem-máquina.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Histórico da Aviação de Segurança Pública no Brasil

O início da aviação de segurança pública no país remete ao ano de 1913, à Força Pública do Estado de São Paulo, por razões históricas, no emprego de aviões, concretizada na Lei estadual paulista Nº 1395-A de 17 de dezembro de 1913, *in verbis*: ... “Artigo 14. Ficam criados o curso Especial Militar e a Escola de Aviação... Parágrafo Segundo. “A Escola de Aviação terá por fim preparar, na Força Pública, aviadores militares que, estando convenientemente instruídos, constituam uma secção de aviação”. (CANAVÓ, 1978).

Brevemente em âmbito mundial temos que, em 1944 os americanos passaram a empregar o helicóptero em missões de resgate no território chinês, durante a Segunda Guerra Mundial. A versatilidade demonstrada em missões de reconhecimento, observação, transporte e evacuação aeromédica demonstrou as suas potencialidades. Já o uso como vetor de força ocorreu na guerra da libertação da Argélia, e a consolidação ocorreu na guerra do Vietnã, com a aplicação americana maciça do recurso (BASTOS, 2004).

Segundo Lima (1997), o emprego civil de helicópteros foi homologado apenas dois anos após seu uso militar e já em 1946, o Departamento de Polícia de New York (NYPD) passou a utilizá-los em operações policiais aéreas, com o modelo Bell 47B.

Voltando ao âmbito nacional, Beni (2009) traça um histórico pormenorizado da origem dos serviços aéreos policiais no Brasil, fica patente que a iniciativa legal não foi suficiente para assegurar do embrião da aviação policial no país. A infraestrutura era precária e havia dependência do suprimento externo, o que inviabilizou as operações aéreas da Força Pública, especialmente diante da escassez de recursos materiais decorrente da Primeira Guerra Mundial.

O primeiro estado da federação a utilizar helicópteros em atividades de segurança pública foi o estado do Rio de Janeiro, que no ano de 1971, criou em sua estrutura administrativa a Assessoria Aeropolicial, lotada na secretaria de estado de segurança pública.

O emprego de helicópteros em missão de segurança pública ganhou maior visibilidade junto à sociedade brasileira a partir de 1984, quando o governo do estado de São Paulo adquiriu e entregou para operação dois helicópteros H 350 B Esquilo, um deles para a Polícia Militar (PMESP) e outro para a Polícia Civil (PCESP), quando então estas corporações constituíram os seus respectivos de serviços aéreos.

A proposta fluminense pioneira em operação integrada foi alternada pela operação individual por corporações, como no estado de São Paulo, no resto do país e no próprio Rio de Janeiro. Atualmente operam seus próprios recursos aéreos a Polícia Militar (PMERJ), Polícia Civil (PCERJ) e Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ), além da herdeira histórica da Assessoria Aeropolicial, a Coordenadoria Adjunta de Operações Aéreas (CAOA).

A ausência de um padrão na criação dos serviços apresenta reflexos na formação e na operação de helicópteros em todo país. Há estados com serviço aéreo de segurança pública integrados e em outros casos individualizado por corporações. No Ceará o serviço foi iniciado pela polícia militar e assim funcionou de 1995 a 2001 e, desde então, tornou-se um Centro integrado de Operações Aéreas, CIOPAER, subordinado à secretaria de segurança pública (OLIVEIRA, 2007).

Além dos casos já abordados, há ainda instituições policiais da esfera federal engajadas na missão escopo deste trabalho, a saber: Coordenadoria de Aviação Operacional do Departamento de Polícia Federal (CAOP- DPF), Divisão de Operações Aéreas

do Departamento de Polícia Rodoviária Federal DOA-PRF e também o serviço aéreo da Força Nacional da Secretaria Nacional de Segurança Pública FN- SENASP (PILOTOPOLICIAL, 2010).

## 2.2 Análise Operacional e *Survivability*

Analisando sob o aspecto operacional a atividade aérea de segurança pública nos remetemos ao caso emblemático no evento que resultou na destruição da aeronave tipo AS 50 B2 Esquilo, da PMERJ, no dia 17 de outubro de 2009, em operação policial na comunidade do Morro dos Macacos, na cidade do Rio de Janeiro.

O caso concreto resultou em quatro tripulantes alvejados por projétil de arma de fogo (PAF), três óbitos além da perda total da aeronave, por seu tombamento após o pouso em emergência e por haver sido consumida pelo incêndio iniciado em voo.

O Serviço Regional de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA) III, diante do fato, optou por não investigar o caso. Entendeu-se que essencialmente ocorreu um crime comum e não um acidente aeronáutico passível de investigação (PILOTOPOLICIAL, 2009).

A *survivability* aeronáutica é, em sentido amplo, o entendimento da suscetibilidade (possibilidade percentual de a aeronave ser atingida pela ameaça) e da vulnerabilidade (probabilidade de a ameaça “matar” a aeronave) de uma aeronave em ambiente hostil, com implicações aerodinâmicas *lato sensu* e não apenas em combate (BALL, 1985).

Em voo, o piloto está sujeito a inúmeras interferências capazes de neutralizá-lo em sua função precípua; já a aeronave possui pontos sensíveis que, se alvejados, podem comprometer sua capacidade operacional.

A *Aircraft Combat Survivability* (ACS) visa à identificação de deficiências e à incorporação de atributos corretivos no sentido de incrementar a efetividade da aeronave como um sistema armado. Ora, a efetividade em combate relaciona-se com a efetividade na missão e com a *survivability*, e esta depende da detectabilidade e da capacidade de evitar ameaças.

Sob o escopo da *survivability*, é possível a análise de, entre outras situações, o impacto e a forma de penetração de um projétil em partes da aeronave e em tubulações de fluido hidráulico ou de combustível. A partir de então, pode-se mensurar o desenvolvimento de incêndio (BALL, 1985).

Partindo-se do exemplo acima é possível inferir que essa é apenas uma das possibilidades acerca do que deva investigar e leva em consideração os diversos tipos de projéteis. É possível considerar ainda as diferentes partes do helicóptero, tais como: superfícies aerodinâmicas, controles de voos, *links* de comando de voos, sistema de propulsão, componentes elétricos, etc.

Por meio de semelhante conjunto de análise e de nível de especificidade, torna-se possível a extração de uma ideia conclusiva da *survivability* de helicópteros para determinado tipo de missão, dentro do amplo escopo existente sob a égide da subparte K da RBHA 91, regulamentação aérea brasileira, que trata de operações aéreas de segurança pública e/ou defesa civil.

Beni (2009) acredita que, para a consolidação da aviação de segurança pública, a padronização e sedimentação de doutrina de emprego dos recursos aéreos é essencial para estabelecimento dos cenários possíveis de operação e níveis de segurança de voo desejados.

Nos EUA, por exemplo, há somente uma unidade “policial” que usa o helicóptero como vetor legal da força: a *United States Coast Guard* (USCG). Os demais *Law Enforcement Airborne Groups* dos Estados Unidos engajam-se indiretamente em missões de segurança pública, uma vez que não são autorizados a empregar a força e atuam exclusivamente na função de plataformas de observação, excluído o emprego de armas de fogo no desempenho de suas funções legais (NEUBECKER, 2003).

Dentre as possíveis ameaças aos helicópteros policiais, citem-se as redes elétricas e o poder de fogo dos grupos marginais armados. Nos EUA, por exemplo, de 1974 até 1980, colisões com fios foram responsáveis por 8% dos danos em aeronaves, 6% das lesões em tripulantes e 16% das mortes na aviação do Exército americano (BURROWS, 1995).

A ameaça de PAF contra helicópteros não é exclusiva de países com conturbações sociais ou com fronteiras com intensa vigilância e atrito como os Estados Unidos, também ocorre em países com alto índice de desenvolvimento humano. Em Gothenburg, na Suécia, durante uma operação noturna para reprimir e tentar capturar prisioneiros em fuga, quatro helicópteros EC 135 das forças policiais foram alvejados (WHPD, 2007).

Robinson e Leishman (1997) afirmam que estudos conduzidos nos EUA sobre a vulnerabilidade dos rotores principal e de cauda de um helicóptero trazem importantes considerações, posto que até agora a tecnologia não apontou a possibilidade de blindagem desses componentes. Comparando aviões e helicópteros, estes são mais facilmente detectáveis e vulneráveis. Em um cenário de combate, o clássico helicóptero pode ser exposto a uma variedade de armamentos perfurantes e explosivos incendiários. Há, ainda, desvantagens na própria essência do helicóptero, na integração de funções entre as superfícies aerodinâmicas, nos sistemas de propulsão, de sustentação e de controle.

Os efeitos aerodinâmicos dos danos sofridos em um rotor dependem dos seguintes fatores: a natureza do material, a extensão, localização em relação à corda dos perfis das pás e a envergadura destas. Danos nas seções internas apresentam menor importância devido à menor pressão dinâmica constante nessa superfície. Nos casos em que a pá de rotor principal é alvejada, tem-se que, por regra, a seção atingida apresenta degradação de seu desempenho aerodinâmico, sendo que a severidade do dano fica condicionada a sua área e à proximidade do bordo de ataque.

### 2.3 A Importância da Manutenção

Estudos sobre a confiabilidade de equipamentos em operação por longos períodos, após mais de trinta anos de uso contínuo, apontam que 17% das interrupções em produção resultam de problemas de manutenção. Os 83% restantes não se relacionam com a manutenção tradicional Mobley (2002).

Segundo Moubray (1997), a abordagem dos programas de manutenção preventiva fundamentava-se no conceito de que toda peça de um equipamento complexo possui tempo de vida determinado; a cada ciclo completo, uma revisão é necessária para garantir sua operação confiável. O passar dos anos demonstra que determinados tipos de falhas não se reduzem pela manutenção preventiva, independentemente de sua efetividade.

Programas de confiabilidade desenvolvidos pelas companhias aéreas nos EUA com anuência do FAA resultaram em duas constatações: o esquema de revisão apresenta pouco efeito na confiabilidade da manutenção de itens complexos (salvo se possuírem modo de falha dominante específico); e há muitos itens para os quais não há forma efetiva de esquema de manutenção.

Em 1965, lições de diversos programas de confiabilidade foram organizadas em um programa de manutenção preventiva, um diagrama básico de decisão, e, em 1967, um artigo foi apresentado ao *American Institute of Aeronautics and Astronautics* (AIAA), em um encontro de projetos e operação de aeronaves comerciais.

Posteriormente, esse artigo científico foi convertido, por apuração técnica, em um programa de manutenção preventiva aplicado ao Boeing 747, que ficou conhecido como MSG-1. O uso de um rudimentar diagrama de decisão técnica conduziu a melhorias que foram incorporadas a um segundo documento, dois anos mais tarde, denominado MSG-2.

O objetivo das técnicas ressaltadas nos programas MSG 1 e 2 foi desenvolver esquema de manutenção capaz de assegurar em grau máximo de confiabilidade que um equipamento é capaz de apresentar associado ao baixo custo operacional. Em 1974, o Department of Defense DoD designou a empresa aérea *United Airlines* para preparar reporte do processo adotado pelos programas de manutenção da indústria aeronáutica norte-americana. O resultado foi denominado *Reliability-centered Maintenance* (RCM).

No sentido de tornar a manutenção preditiva uma realidade na aviação de asas rotativas policiais do Brasil, existe a possibilidade de se empregar o *Health Usage and Monitoring System* – HUMS, que é o sistema de monitoramento da saúde e uso britânico.

Esse importante equipamento compõe-se de sensores, sistemas de gravação de dados e sistemas de interface. Tais recursos permitem considerável incremento no grau de atenção da tripulação, alertando para falhas e fornecendo às equipes de apoio de solo informações mais específicas acerca das demandas de manutenção.

O HUMS é um sistema integrado por:

- Aviônicos
- Equipamentos de solo associados
- Mudanças em uma frota de helicópteros no modo de operação e de manutenção.

O *Ministry of Defence* (MOD) do Reino Unido define HUMS na interface com aeronaves de asas rotativas no *Defence Standardization* (DEF STAN) 00-970 de 1988, com os seguintes propósitos: melhorar a segurança de voo, ampliar a disponibilidade do helicóptero, otimizar sua manutenção, elevar o grau de habilidade em se cumprir a missão e reduzir o custo do ciclo de vida. A aludida norma militar britânica aponta, ainda, que, no uso pleno dos benefícios do HUMS, os dados obtidos do sistema devem ser totalmente integrados com a filosofia de manutenção dos helicópteros (LAND, 2001).

Jensen (2006) assevera que, o helicóptero possui mais componentes rotativos críticos capazes de gerar falhas catastróficas. O HUMS propõe-se a incrementar a segurança de voo, bem como a reduzir os custos de operação, por intermédio do diagnóstico e do prognóstico de funcionamento, e manutenção de componentes críticos.

O primeiro voo de um HUMS certificado ocorreu em um helicóptero engajado em serviços de *offshore* no Reino Unido em 1991. Oito anos depois, o FAA americano emitiu uma mensagem circular (AC-27-1/AC-29-2), que serve como guia para instalação de HUMS, que já é adotado como item padrão nos Sikorsky S-92 e opcional nos Agusta Westland AW-139.

Ao se compararem duas unidades de *Black Hawk* do *101st Airborne*, em operação no Iraque, a primeira equipada com HUMS, constatou-se nesta a realização de 27% mais missões, consequentemente com maior taxa de disponibilidade correspondente que na outra unidade (JENSEN, 2006).

Note-se que o emprego do HUMS no Reino Unido trouxe consequências positivas à segurança de voo. Um estudo conduzido por uma comissão do Ministério da Defesa daquele país aponta que o uso do HUMS é capaz de reduzir em até aproximadamente 39%, em média, os acidentes relacionados à aeronavegabilidade (FRASER, 1996).

Considerando que na frota-alvo da pesquisa os acidentes referentes à capacidade de uma aeronave de realizar um voo seguro (aeronavegabilidade) correspondem a um número em torno de 28% do total, existe a possibilidade de redução total de algo em torno de 11% com o uso do HUMS (FRASER, 1996).

A Tabela 1 a seguir apresenta dados de acidentes em aeronaves com e sem HUMS e decréscimo percentual.

**Tabela 1:** HUMS - Frota de helicópteros do Ministério da Defesa do Reino Unido. - Fonte: FRASER, 1996.

Modelo de Helicóptero	Taxa de Acidentes Técnicos		Redução
	(acidentes por milhão de horas de voo)		com HUMS
	Sem HUMS	Com HUMS	(%)
<b>Chinook</b>	41,6	24,9	40,1
<b>Sea King</b>	32,9	14,5	55,9
<b>Lynx</b>	14,2	8,1	43,0
<b>Puma</b>	10,3	6,9	33,0
<b>Gazelle</b>	3,3	1,7	48,5
<b>Total</b>	<b>15,3</b>	<b>9,4</b>	<b>38,6</b>

Segundo Fraser (1996), o emprego do HUMS pode reduzir acidentes na frota de helicópteros a serviço dos órgãos de segurança pública nacional, haja vista que revelar-se efetivo para aeronaves civis e militares.

Corporações policiais no Brasil possuem equipamentos disponíveis e em uso, cujos aviônicos permitem o registro, gravação e o *download* dos parâmetros de voo relativos à utilização do motor, em situações normais ou específicas de voo, além de indicação de situações em que os limites de operação regular do motor tenham sido excedidos.

A melhoria da consciência situacional da tripulação tem suporte também com o uso do *Vehicle Engine Multifunction Display – VEMD*, equipamento disponível e em uso em aeronaves civis e de segurança pública no Brasil, capaz de permitir a visualização dos parâmetros do motor e da aeronave, agrupados em duas telas de cristal líquido montadas sobre o painel principal (AEROTECNOLOGIA, 2010).

#### 2.4 A Atualização Tecnológica na Us Navy

As atualizações são as boas práticas apresentadas neste artigo, para Vrionides (1997), o programa de atualização tecnológica do Kaman SH-2F *Seasprite* para o SH-2G *Super Seasprite* feito pela marinha americana redundou em um caso de sucesso em seu planejamento e execução. O Kaman SH-2 é um helicóptero multimissão, em operação pela US NAVY desde 1962 em missões *Anti-surface Warfare*, *Anti-Submarine Warfare* e *Search And Rescue*, ASW, ASuW, SAR, respectivamente. Em sua vida útil, o Kaman H2 sofreu revisões de *design* que o desenvolveram e elevou seus níveis de efetividade garantindo mais de 30 anos em atividade e 1.1 milhões de horas voadas.

Vrionides (1997) explica que a confiabilidade transmitida por essa evolução ao longo da vida útil do *Seasprite*, e a sua durabilidade ensejaram o *upgrade* para o *Super Seasprite*, com a inclusão de aviônicos atuais conferido mais versatilidade e efetividade às missões. Confiável e com capacidade já comprovada de evolução de projeto, a mudança do Kaman H2 *Seasprite* para *Super Seasprite*, foi a resposta da Marinha Norte-americana à demanda de cortes orçamentários, por meio do aproveitamento de uma plataforma já existente e confiável, o que dispensou o desenvolvimento, produção, entrega, qualificação e suporte exigidos no caso de uma aeronave totalmente nova.

Item primordial na evolução de modelo foi a substituição dos motores T58- GE-8 pelo General Electric T700 GE 401 gerando um aumento de desempenho e confiabilidade. Em caso de *flame out* é possível retornar com o motor remanescente, com peso máximo de decolagem em condições de temperaturas ISA+25°C. A característica singular da condição monomotor tem conotação de *survivability*, considerando a possibilidade de que o motor inoperante tenha sido “morto” em combate.

Vrionides (1997) assevera que o resultado final do *upgrade* permite potencial evolutivo do produto final e diversos avanços correntemente em desenvolvimento para o *Super Seasprite* e incluem seus sistemas de fixação ao deck, de flutuação de emergência, de uso de materiais compósitos em seus conjuntos de rotores e o avanço tecnológico do *full glass cockpit*. É possível

inferir que, mesmo um operador do porte da marinha dos EUA, considera proveitosa a revitalização de máquinas com longo tempo em uso operadas em condições com as peculiaridades operacionais presentes no ambiente naval.

## 2.5 A Atualização Tecnológica na PMDF

A primeira conversão de Esquilo B para B2 no país foi a atualização tecnológica realizada pela PMDF, em sua única aeronave de asas rotativas, um modelo H350 Esquilo B, convertida em AS50 B2, no ano de 2009. À época em que foi conduzido o processo de atualização tecnológica do helicóptero da PMDF, foram colhidas as motivações do *upgrade*, nesse sentido, foram fatores determinantes:

- O fato de o helicóptero contar com mais de 17 anos de uso e 7.100 horas de voo registradas em suas cadernetas de voo;
- A necessidade de incrementar o desempenho nas condições atmosféricas do Planalto Central Brasileiro, típico de cerrado, com temperatura atmosférica elevada e altitude densidade de aproximadamente 4.500 pés acima do MSL.
- O caráter ultrapassado do projeto do HB350 Esquilo B, superado pelos BA, B2 e B3. O Peso Máximo de Decolagem, PMD, apesar de ser aplicável à mesma capacidade de passageiros (6 pessoas), restringia o melhor aproveitamento da aeronave em suas missões.
- A restrição de autonomia, em 1 hora e 40 minutos, imposta pelo padrão de abastecimento em metade do tanque.

A operação policial conduzida no HB350 Esquilo B tinha autonomia restrita, tendo em vista que o abastecimento é feito em função do peso máximo de decolagem. O projeto do Esquilo B, por sua vez, apresenta limitações como o percentual de torque utilizável em 83%, resultado da impossibilidade mecânica da caixa de transmissão em transmitir a força motora produzida pelo motor.

A substituição do motor do Esquilo B, que utiliza o motor Arriel 1B pelo Arriel 1D1, utilizado no modelo B2, aumenta em 14% (92 SHP) a potência entregue pelo motor ao eixo. Isso gera o aumento de 1.950kg para 2.250kg do PMD e o avanço no parâmetro de torque, dos atuais 83% para 100% na decolagem e 94% em Potência Máxima Contínua (PMC).

É possível afirmar que a conversão evolutiva de modelo do helicóptero Esquilo HB 350 B em AS50 Esquilo B2, bem como a atualização tecnológica aplicada, foi conveniente à administração pública, em termos operacionais e econômicos, além da melhora qualitativa e quantitativa do cumprimento da missão constitucional da PMDF. Do ponto de vista econômico, o fornecimento de peças e componentes pelo fabricante do motor Arriel 1B, que equipa o modelo B, vem sofrendo comprometimento, o que afeta a disponibilidade para o voo, uma vez que alguns dos componentes deste ou estão fora de linha ou não são fabricados de forma prioritária.

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta obra discorre sobre um histórico da aviação de segurança pública, seu ambiente operacional e demandas vistas sob o aspecto da *survivability* e a influência da manutenção para a segurança de voo e adoção do HUMS e as boas práticas de atualização tecnológica realizadas pela US NAVY e PMDF.

Constatou-se que o programa de atualização realizado, na US NAVY e PMDF, demonstra a viabilidade de que helicópteros com décadas de vida em ambiente operacional exigente podem ser revitalizados e continuar desempenhando as funções legais de seu operador.

Igualmente, no que respeita à sistematização da manutenção aos moldes do HUMS, acredita-se ser ela capaz de potencializar a segurança de voo, pela redução de acidentes dos serviços aéreos de segurança pública nacional. Ressalte-se que há, adicional e secundariamente, na implantação da filosofia HUMS, vantagens na disponibilidade da frota, carga de trabalhos da tripulação e apoio de solo.

## 4 CONCLUSÃO

No complexo ambiente da aviação de segurança pública no Brasil, a heterogeneidade dos operadores encontra no helicóptero de uso comum uma unicidade útil a este estudo e a iniciativas do Estado em utilizar os recursos disponíveis para garantir a perenidade do serviço prestado à sociedade. As possibilidades de atualizações tecnológicas são capazes de promover aeronaves obsoletas à condição de equipamentos seguros e de manutenção sistematizada e atual. Os operadores do setor podem promover a atualização tecnológica dos modelos mais antigos B e BA do H350 Esquilo para o AS 50 modelo B2. As possibilidades de acessórios passíveis de serem embarcados permitem, bem com a conversão de modelo, um incremento na segurança de voo, seja pela mudança de patamar de consciência situacional da tripulação, seja pelo monitoramento eletrônico de parâmetros de voo e estado de funcionamento mecânico da aeronave compondo indicativos que impactam positivamente a segurança de voo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEROTECNOLOGIA. **Vehicle and engine multifunction display**. Online. 2010. Disponível em: < <http://www.aerotecnologia.com.br/tecnicos/pages/vmed.html> >. Acesso em: 22 set 2010.
- ANAC. Ministério dos Transportes. **Relatório anual de segurança operacional 2008**. Online. 2008. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br>>. Acesso em: 28 mar 2010.
- BALL, R. E. **The Fundamentals of aircraft combat survivability analysis and design**. New York, NY: AIAA, 1985.
- BASTOS, E. C. S. **Evolução do helicóptero para fins militares das origens a guerra do Vietnã**. Juiz de Fora, MG: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2004. Disponível em: < <http://www.ecsbdefesa.com.br> >. Acesso em: 25 mar 2010.
- BENI, E. A. **Aviação de segurança pública e a responsabilidade cível do comandante de aeronave da polícia militar do Estado de São Paulo**. 2009. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) - Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores "Cel PM Nelson Freire Terra". São Paulo, SP, 2009.
- CANAVÓ FILHO, J; MELO, E. O. **Polícia Militar: asas e glórias de São Paulo**. 2. ed. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 1978.
- FRASER, K. F. **Effectiveness of helicopter usage and Health Monitoring Systems (HUMS) in the military environment**. 1996. Disponível em: <<http://dSPACE.dsto.defence.gov.au/dSPACE/handle/1947/3682> >. Acesso em: 09 set 2010.
- JENSEN, D. **HUMS**. Danbur, CT, 2006. Disponível em: < [http://www.aviationtoday.com/am/categories/military/HUMS\\_5250.html](http://www.aviationtoday.com/am/categories/military/HUMS_5250.html) >. Acesso em: 15 set 2010.
- LIMA, O. S. **Policimento aéreo- Parceria Estado, Município & iniciativa privada – um passo na conquista de mais segurança**. 1997. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) - Centro de Aperfeiçoamento e Estudos Superiores "Cel PM Nelson Freire Terra". São Paulo, SP, 1997.
- MOBLEY, K. R. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. Woburn, MA: Elsevier Science, Butterworth-Heinemann, 2002. 437 p.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. 2. ed. New York: Industrial Press, 1997. 219 p.
- NEUBECKER, G. D. Sharks on attack. America's first armed airborne unit to protect our coast. **Air Beat Magazine: Journal of Airborne Law Enforcement Association**, 2003. Disponível em: < <http://www.alea.org> > Acesso em: 28 mar 2010.
- OLIVEIRA A.; LAVÔR I. **A História da aviação no Ceará**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2007. 227 p.
- PILOTOPOLICIAL. **Endereços das unidades aéreas da aviação de segurança pública**. 2010. Disponível em: <<http://www.pilotopolicial.com.br>>. Acesso em: 26 mar 2010.
- ROBINSON, W. K; LEISHMAN, G. J. The effects of ballistic damage on the aerodynamics of helicopter rotor airfoils. In: ANNUAL FORUM PROCEEDINGS, 53., 1997. Virginia Beach. **Proceedings...** Alexandria, VA: American Helicopter Society, 1997. v.1: p 388.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.
- WHPD. Sweden. **Police aviation news**, 2007. Disponível em: < [http://www.whpd.org/leac/news/2007\\_12-01\\_PoliceAviationNews.pdf](http://www.whpd.org/leac/news/2007_12-01_PoliceAviationNews.pdf) >. Acesso em: 02 ago 2011.
- VRIONIDES, Polis; ZIMMITI, Jonathan. Methodology and economics of technological upgrade demonstrated by the SH-2F To SH-2G conversion program. In: ANNUAL FORUM PROCEEDINGS, 53, 1997. Virginia Beach. **Proceedings...** Virginia Beach, VA; American Helicopter Society, 1997. v.1: p 503-509.
- VOSS, C. et al. Case research - Case research in operation management. **International Journal of Operations & Production Management**. 2002. London. V 22, n 2, p 195-219. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/0144-3577.htm> > Acesso em: 26 jan 2011.

---

# A Contribuição da Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade no Cumprimento dos Requisitos de Aeronavegabilidade Estabelecidos na Aviação Civil

Carlos Eduardo Leite da Silva Fortes<sup>1,4</sup>, Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes<sup>2</sup>, Paulo Cesar Corrêa Lindgren<sup>3</sup>

1 Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Úrsula do Rio de Janeiro. Aluno do curso de Mestrado Profissional da Universidade de Taubaté – UNITAU

2 Prof. Graduado em Bacharel em Computação pela Universidade de Taubaté – UNITAU.

3 Prof. Engenheiro Mecânico graduado pela Universidade de Taubaté - UNITAU.

4 fortescelsf@ifi.cta.br

---

**RESUMO:** O processo de certificação de produção conduzido pela Autoridade de Aviação Civil (AAC), no Brasil representada pela ANAC, tem a finalidade de contribuir para a segurança de voo por meio da verificação da conformidade do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) implementado com os requisitos de aeronavegabilidade exigidos nos regulamentos e manuais. Não resta dúvida que, nos últimos anos, as certificações de terceira parte baseadas nas normas NBR ISO 9001, ou equivalentes do setor aeroespacial como, por exemplo, SAE AS 9100 e ABNT NBR 15100, trouxeram grande contribuição para o setor. Neste contexto, torna-se fundamental que autoridades, fabricantes e certificadoras de terceira parte conheçam com mais detalhes o trabalho desenvolvido por cada um deles, seus diferentes propósitos, formas de abordagens e como cada um pode contribuir para a melhoria do SGQ e, conseqüentemente, para a segurança de voo. Este artigo tem a finalidade de nivelar conceitos de SGQ, certificação e aeronavegabilidade mostrando as principais diferenças entre uma certificação de produção desenvolvida por uma AAC e uma certificação de terceira parte baseada na ABNT NBR 15100, além de esclarecer também, as diferentes formas de abordagem entre elas.

**Palavras Chave:** Certificação. Vigilância. Aeronavegabilidade. Segurança de Voo.

## The Contribution of Quality Management Systems' Certification in the Compliance of Airworthiness Requirements Set up for the Civil Aviation

**ABSTRACT:** The production certification process conducted by the Civil Aviation Authority (CAA), represented in Brazil by ANAC, aims at contributing to flight safety by verifying the conformity of the implemented Quality Management System (QMS) against the airworthiness requirements listed in regulations and manuals. There is no doubt that, in recent years, the third-party certifications based on the NBR ISO 9001 or on equivalent standards of the aerospace sector, such as, for example, SAE AS 9100 and ABNT NBR 15100, have brought a great contribution to the industry. In this context, it is essential that authorities, manufacturers, and third-party certification bodies know exactly the work done by each one of them, their different purposes, the ways of approach utilized, and how each one can contribute to the improvement of the QMS and of flight safety. This article aims: to harmonize the concepts of QMS, certification and airworthiness; show the main differences between a production certification developed by the CAA and a third-party certification based on the AS 9100; and, finally, clarify the different ways of approach utilized by them.

**Key words:** Production Certification. Surveillance. Airworthiness. Flight Safety.

**Citação:** Fortes, CELS, Nunes, LENP, Lindgren, PCC. (2017) A Contribuição da Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade no Cumprimento dos Requisitos de Aeronavegabilidade Estabelecidos na Aviação Civil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 41-48.

### 1 INTRODUÇÃO

Apesar de inúmeras pesquisas publicadas sobre certificação ISO 9001, segundo Sampaio, Saraiva & Rodrigues (2009), ainda existem lacunas sobre o tema que precisam ser preenchidas, pois abrandar esses espaços traria benefícios para as organizações e, conseqüentemente, para os seus respectivos países. De acordo com ABNT (2008, requisito 1.1) “Generalidades”, a organização deve demonstrar a capacidade do sistema da qualidade implementado em atender aos requisitos regulamentares aplicáveis.

Autoridade de Aviação Civil – AAC, no que diz respeito à aviação civil no Brasil, significa qualquer agente público da ANAC executando atividades atribuídas e de competência da ANAC ou pessoa que atua com delegação da mesma. (ANAC, 2011b, pp. 5).

A capacidade de uma empresa em atender requisitos regulamentares passa a ser uma lacuna a ser explorada, já que a certificação de produção dentro do contexto de fabricação de produtos aeronáuticos é item regulamentado e obrigatório para todos que desejam fabricar e comercializar esses produtos no Brasil e no exterior.

Por outro lado, certificadoras de terceira parte, que avaliam e certificam empresas do escopo aeronáutico de acordo com as normas NBR ISO 9001 ou ABNT NBR 15100, muitas vezes desconhecem os detalhes dos regulamentos de aviação civil em vigor.

Este artigo foi dividido em três etapas distintas: Primeiramente procurou-se nivelar os conceitos de aeronavegabilidade, certificação, dificuldades em serviço e segurança de voo na visão das AAC para evitar possíveis erros de interpretação. Em seguida foi feita uma comparação entre o processo de certificação da autoridade e de uma certificadora de terceira parte para identificar possíveis diferenças. Por último, buscou-se relacionar os itens regulamentares com os da norma ABNT NBR 15100 correspondentes, demonstrando como os dois processos se interagem e se complementam.

## 2 CONCEITUAÇÃO

Neste capítulo serão abordados os conceitos de certificação, aeronavegabilidade, dificuldades em serviço e segurança de voo na visão das AAC.

### 2.1 Certificação

Segundo Coelho (2009, pp. 1) as primeiras iniciativas relacionadas à segurança de voo no Brasil começaram na década de 30, mas foi nos anos 60, com a aprovação do Código Brasileiro do Ar e a criação da EMBRAER, que se iniciaram as negociações com a *International Civil Aviation Organization* (ICAO) no sentido de implantar um programa de assistência técnica, com vistas à homologação, como era então conhecida a certificação.

Segundo ANAC (1986) as organizações que pretendem comercializar produtos aeronáuticos no mercado de aviação civil no Brasil ou internacionalmente devem buscar a certificação de produção, pois trata-se de um processo regulamentar compulsório que, no Brasil, tem como ponto de partida o Código Brasileiro de Aeronáutica – CBAer.

Ainda segundo Coelho (2009, pp. 1) em se tratando de produto aeronáutico, e de acordo com a regulamentação em vigor, certificação significa a confirmação pela autoridade competente, de que o produto está em conformidade com os requisitos aplicáveis, estabelecidos pela referida autoridade; ou referindo-se a empresas, significa o reconhecimento pela autoridade competente de que a empresa tem capacidade para executar os serviços e operações a que se propõe, de acordo com os requisitos aplicáveis estabelecidos pela referida autoridade.

De acordo com ANAC (1986, Art. 69), a autoridade aeronáutica emitirá os certificados de certificação de empresa destinada à fabricação de produtos aeronáuticos, que na prática é o Certificado de Organização de Produção - COP, desde que o sistema da qualidade implementado assegure que toda unidade fabricada atenderá ao projeto aprovado.

### 2.2 Aeronavegabilidade

De acordo com ANAC (2011b, pp. 15), Requisito de Aeronavegabilidade significa uma exigência governamental relativa ao projeto, materiais, processos de construção e fabricação, desempenho, qualidades de voo, sistemas e equipamentos de uma aeronave e seus componentes, visando garantir a segurança da operação.

Crawford (1980) define aeronavegabilidade como a capacidade permanente de uma aeronave executar de forma satisfatória as operações de voo para a qual foi projetada.

De forma simplificada, o dicionário Oxford define aeronavegabilidade como “Pronta para Voar”.

De acordo com Heath (1981), uma aeronave está pronta para voar quando um conjunto de ações relacionadas a Projeto, Fabricação, Testes e Manutenção são satisfatoriamente cumpridos.

O conceito de aeronavegabilidade mostra que é preciso criar mecanismos que conduzam a obter evidências de que um produto aeronáutico fabricado por uma organização certificada está conforme projeto aprovado e em condição de operação segura. Construir e implementar um processo de certificação e vigilância reconhecido por toda comunidade aeronáutica e que, ao mesmo tempo, atenda aos conceitos atuais de qualidade e aeronavegabilidade, passou a ser uma meta para fabricantes e AAC do mundo inteiro.

### 2.3 Dificuldades em Serviço

De acordo com IFI (2015b) dificuldades em serviço é o termo técnico para todo e qualquer problema operacional, logístico ou condição de falha que possa resultar, ou tenha resultado, em degradação da segurança ou da capacidade de cumprimento da missão de um produto, em incidente ou acidente, ocorrido em serviço e decorrente de erros de projeto, de produção, falha ou mau funcionamento de sistema ou componente, erros em procedimentos e documentos relacionados à sua operação e manutenção.

Dificuldades em Serviço: consiste em qualquer falha, mau funcionamento ou defeito em qualquer produto aeronáutico (ANAC, 2012, pp 2).

Ainda de acordo com ANAC (2012) conforme os requisitos definidos nos regulamentos operacionais, ocorrências definidas como incidentes, falhas, mau funcionamento, defeito, defeito técnico ou das limitações técnicas que possam colocar em perigo

a operação segura da aeronave devem ser comunicadas a ANAC. Na aviação civil a dificuldade em serviço é item regulamentado previsto na subparte 21.3 do RBAC 21 e descrito no item 4.1 deste artigo.

## 2.4 Segurança de Voo

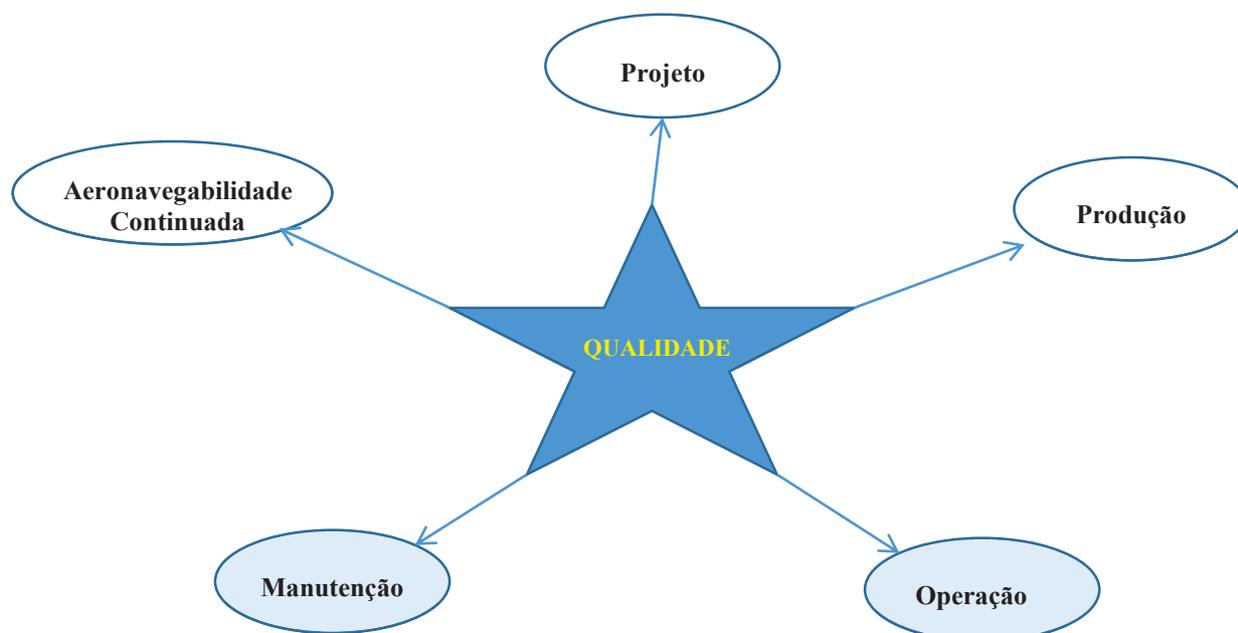
De acordo com ANAC (1986, Art. 87), a prevenção de acidentes aeronáuticos é da responsabilidade de todas as pessoas, naturais ou jurídicas, envolvidas com a fabricação, manutenção, operação e circulação de aeronaves, assim como as atividades de apoio da infra-estrutura aeronáutica no território brasileiro.

De acordo com Heath (1981), os benefícios advindos da preocupação com a segurança de voo são vistos como altamente positivos pelas autoridades de aviação.

De acordo com Passos, Possi Júnior & Oliveira Filho (2010, pp. 1), a atividade aérea no território nacional vem crescendo consideravelmente e o número de acidentes e incidentes aeronáuticos crescem na mesma proporção desse aumento, despertando nos usuários um sentimento de insegurança no uso do transporte aéreo.

De acordo com ANAC (1986, Art. 66) a autoridade aeronáutica deve promover a segurança de voo por meio do estabelecimento de padrões mínimos de segurança relativos a projetos, materiais, mão de obra, construção (fabricação) e desempenho de aeronaves, motores, hélices e demais componentes aeronáuticos.

A Figura 1 ilustra os cinco fatores fundamentais que contribuem para a segurança de voo: Projeto, Produção, Operação, Manutenção e Aeronavegabilidade Continuada. Investir na qualidade destes cinco fatores traz, seguramente, grandes benefícios aos usuários do sistema.



**Figura 1:** QUALIDADE X SEGURANÇA DE VOO. Fonte: desenvolvida pelo autor.

A segurança de voo é e sempre será o principal foco do processo de certificação de produção e vigilância desenvolvido pelas AAC no mundo inteiro. Enquanto que a certificação voluntária de sistemas de gestão da qualidade desenvolvidas pelas certificadoras de terceira parte visa principalmente a satisfação do cliente, as autoridades de aviação trabalham para desenvolver processos cada vez mais eficazes que contribuam para a segurança de voo.

## 3 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para ampliação da base conceitual sobre o tema buscando nivelar os conceitos dos termos comumente utilizados na aviação civil. Em seguida foi feita uma comparação entre os requisitos de SGQ contidos no 14 CFR FAR 21 com os requisitos normativos da ABNT NBR 15100 mostrando as principais diferenças entre eles e destacando, principalmente, a atuação diferenciada das AAC no processo de certificação de produção.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo serão abordados os requisitos regulamentares diretamente relacionados com o assunto, sua aplicação e sua relação com as Normas de sistemas de SGQ publicadas no setor aeroespacial.

#### 4.1 Regulamento

Num mundo cada vez mais globalizado torna-se imprescindível que as empresas, principalmente aquelas que desejam exportar os seus produtos, atendam aos requisitos regulamentares existentes. Acordos bilaterais são freqüentes nesta área de atuação e a similaridade de regulamentos é constantemente buscada pelas autoridades como forma de facilitar estes acordos. (Fortes, 2014, pp. 4).

O documento 14 CFR PART 21 ou simplesmente FAR 21, é um regulamento que os países signatários da Convenção Internacional de Chicago adotam ou adaptam às suas particularidades. Este documento determina a necessidade da empresa fabricante de produtos de aviação civil em estabelecer um sistema da qualidade que atenda a requisitos da qualidade estabelecidos no regulamento, entretanto não especifica a norma da qualidade para atendimento. No Brasil o documento equivalente ao 14 CFR PART 21 é o RBAC 21.

Segundo ANAC (2011a, subparte 21.303), ninguém pode produzir peças para reposição, destinadas à venda para instalação em um produto com certificado de tipo, a menos que tais peças sejam aprovadas de acordo com um Atestado de Produto Aeronáutico Aprovado (APAA) e o respectivo Certificado de Organização de Produção (COP).

O regulamento determina que para comercialização de um produto aeronáutico no mercado da aviação civil é necessário que o fabricante possua um produto aprovado por meio de um Atestado de Produto Aeronáutico Aprovado (APAA) emitido para peças de reposição, ou de um Certificado Suplementar de Tipo (CST) emitido para peças de modificação, ou por meio de um Certificado de Tipo (CT) emitido se o produto for uma aeronave, um motor ou uma hélice e que o fabricante do produto certificado possua um COP. Na prática isso significa que somente produtos certificados podem ser comercializados e a comercialização dos itens aeronáuticos deve, obrigatoriamente, passar pela certificação do fabricante pela AAC.

De acordo com ANAC (2011a, subparte 21.3) “Comunicação de falhas, mau funcionamento e defeitos”, um fabricante de produto aeronáutico deve comunicar à ANAC qualquer falha, mau funcionamento ou defeito em qualquer produto, peça, processo ou artigo fabricado por ele e que o mesmo tenha determinado ser o causador de qualquer uma das ocorrências listadas, devendo também comunicar à ANAC qualquer defeito em qualquer produto, peça ou artigo fabricado por ele que tenha sido liberado pelo seu controle da qualidade e que possa resultar em qualquer uma das ocorrências listadas.

#### 4.2 Sistemas de Gestão da Qualidade

O sistema de gestão da qualidade, SGQ, é a parte do sistema de gestão da organização focado em alcançar os objetivos da qualidade, sendo, portanto, um complemento aos outros sistemas de gestão da organização, como o financeiro, ambiental, de saúde e segurança ocupacional, entre outros (Souza, 2010, pp. 19).

Com a finalidade de padronizar sistemas de gestão da qualidade e atender aos requisitos aeroespaciais, em 2009 o *International Aerospace Quality Group* (IAQG) publicou a Norma SAE AS 9100. Esta Norma complementou a ISO 9001 com os requisitos aeroespaciais.

A implementação e a certificação de sistema de gestão da qualidade, SGQ, tornou-se um diferencial para as organizações que procuram obter vantagens competitivas e expandir seus negócios, pois contribuem para o aumento da satisfação do cliente e da percepção de melhoria dos produtos (Ujihara 2007 *apud* Souza 2010, pp 15).

Influenciada pela indústria aeronáutica brasileira, em 2010 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a versão brasileira da SAE AS 9100, a ABNT NBR 15100.

Estimuladas pela Embraer que criou rigorosos requisitos da qualidade para seus fornecedores, as empresas contempladas com certificação voluntária de acordo com a SAE AS 9100 e ABNT NBR 15100 no Brasil já somam um total de 81 empresas Fonte: SAE (2015).

Essa norma complementou a NBR ISO 9001, introduzindo novos requisitos como Gestão de Projeto (7.1.1), Gestão de Risco (7.1.2), Gestão de Configuração (7.1.3), Ensaio de Verificação e Validação de Projeto e Desenvolvimento (7.3.6.1), Verificação do Processo de Produção (7.5.1.1), Controle de Alterações do Processo de Produção (7.5.1.2), Controle de Equipamentos de Produção, Ferramentas e Programas de Software (7.5.1.3) e Suporte Pós-entrega (7.5.1.4), tendo, além disso, complementado requisitos existentes, tais como Aquisição (7.4), Identificação e Rastreabilidade (7.5.3), Preservação do Produto (7.5.5), Monitoramento e Medição de Processos (8.2.3), Monitoramento e Medição de Produto (8.2.4) e Controle de Produto Não Conforme (8.3).

Entender a organização como um conjunto de processos que se interagem para alcançar um objetivo comum é fundamental para um SGQ. Identificar quais são os processos, como eles se interagem, medi-los, monitorá-los e melhorá-los continuamente são conceitos básicos para os requisitos da ISO 9001 ou NBR 15100 (Souza, 2010, pp. 28).

A tabela 1 descreve na primeira coluna os requisitos da qualidade regulamentares de acordo com a subparte 21.137 do 14 CFR Part 21 (FAA, 2012), enquanto a segunda coluna descreve os requisitos equivalentes da norma ABNT NBR 15100.

## 5 DISCUSSÃO

Neste capítulo será descrito as diferentes formas de abordagem entre uma certificação regulamentar realizada pela autoridade e uma certificação voluntária feita por uma certificadora de terceira parte.

Uma certificação pode ser voluntária ou compulsória.

No primeiro caso, trata-se de uma decisão exclusiva da organização integradora de produtos ou prestadora de serviços, tendo por finalidade, objetivos mercadológicos. No segundo caso, os governos (atualmente, no meio aeroespacial, também as grandes empresas integradoras) determinam a obrigatoriedade da certificação de seus fornecedores e produtos, geralmente para produtos ou serviços com impacto nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente (Fonseca, 2010, pp.36).

**Tabela 1:** REGULAMENTO X SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

REQUISITOS REGULAMENTARES DE ACORDO COM FAR 21.137	REQUISITOS DE SGQ DE ACORDO COM AS NORMAS NBR 15100
(a) Controle de dados de projeto	7.3 Projeto e desenvolvimento
(b) Controle de documentos	4.2.3 Controle de documentos
(c) Controle de Fornecedor	7.4 Aquisição
(d) Controle do processo de fabricação	7.5 Produção e prestação de serviço
(e) Inspeção e ensaios	7.5 Produção e prestação de serviço
(f) Controle de equipamentos de inspeção, medição e ensaio	7.6 Controle de equipamento de monitoramento e medição
(g) Resultados de inspeção e ensaios	8.2.4 Monitoramento e medição do produto
(h) Controle de produto não conforme	8.3 Controle de produto não conforme
(i) Ações corretivas e preventivas	8.5.2 Ação corretiva 8.5.3 Ação preventiva
(j) Manuseio e armazenamento	7.5.5 Preservação do produto
(k) Controle de registros da qualidade	4.2.4 Controle de registros
(l) Auditorias internas	8.2.2 Auditoria interna
(m) Dificuldades em serviço	4.1 Requisitos gerais; 7.2.3 Comunicação com o cliente
(n) Desvios da qualidade	8.3 Controle de produto não conforme

O fato dos requisitos regulamentares estarem descritos na Norma ABNT NBR 15100, conforme mostra a tabela 1, é amplamente reconhecido pelas AAC, porém, vale ressaltar que o objetivo principal da certificadora voluntária de terceira parte tem sido, ao longo do tempo, verificar se a empresa certificada atende aos requisitos do cliente (abordagem com foco no cliente) enquanto a certificação compulsória da autoridade visa verificar se o sistema implementado é capaz de produzir um produto de acordo com o projeto aprovado e em condições de operação segura (abordagem com foco na segurança de voo).

É enfatizado que os requisitos especificados nesta norma são complementares (não alternativos) aos requisitos regulamentares aplicáveis. Existindo um conflito entre os requisitos desta norma e os requisitos regulamentares aplicáveis, estes últimos devem ter precedência. (ABNT 2010, 1.1 “Generalidades”).

Nos dias de hoje as AAC têm considerado as certificações de terceira parte relevantes e altamente positivas para o cumprimento dos requisitos governamentais. Porém, a seguir são relatados alguns fatores que ajudam a entender porque a certificação voluntária de terceira parte é considerada apenas como complementar ao trabalho essencial das autoridades.

### 5.1 Interesses Comerciais

Para que um organismo de certificação possa fornecer uma certificação que proporcione confiança é necessário que ele seja imparcial e percebido como tal. O fato da fonte de receita de um organismo de certificação provir do pagamento de seu cliente pela certificação constitui uma ameaça potencial à imparcialidade. Para obter e manter a confiança é essencial que as decisões de um organismo de certificação sejam baseadas em evidências objetivas de conformidade (ou não conformidade) obtidas pelo organismo de certificação, e que suas decisões não sejam influenciadas por outros interesses ou por outras partes (ABNT, 2011, pp. 4).

Embora as AAC reconheçam e estimulem os fabricantes a obterem uma certificação de terceira parte baseada na ABNT NBR 15100, interesses comerciais constituem uma ameaça a imparcialidade para as atividades de certificação voluntária.

### 5.2 Documentação

Os regulamentos e requisitos publicados pelas AAC são controlados e emitidos por elas e muitos são aprovados oficialmente por decreto presidencial na forma da lei, enquanto as normas e documentos emitidos por organismos certificadores representados pela indústria aeronáutica não têm força de lei e nenhum controle por parte da autoridade.

### 5.3 Vigilância Continuada

O trabalho fundamental das autoridades aeronáuticas é manter-se atualizado com a evolução tecnológica dos materiais, acompanhando os resultados das atividades de dificuldades em serviço, objetivando “realimentar” o projeto para aumentar, sempre, a segurança dos voos, salvaguardando as vidas dos passageiros, tripulações e terceiros (Fonseca, 2010, pp. 49).

De acordo com Loyd e Tye (1982 *apud* Possi Júnior, Passos & Oliveira Filho, 2010, pp. 3), para que possamos aprender com as ocorrências comunicadas devem-se estabelecer ações para determinar as causas prováveis de cada evento assim como garantir que todas, ou pelo menos a grande maioria destas ocorrências sejam convenientemente comunicadas.

Ainda segundo Loyd e Tye (1982 *apud* Possi Júnior, Passos & Oliveira Filho, 2010, pp. 3), as análises das consequências de prováveis eventos recorrentes devem considerar o universo de condições que pode estar associado a um determinado evento que fora anteriormente comunicado.

Desta forma, eventos relacionados à produção de produtos, partes e componentes; desvios no sistema de produção que possam causar condições inseguras em tais produtos deverão ser comunicados a ANAC. De maneira similar, ocorrências relacionadas à manutenção e operação de aeronaves ou seus componentes que possam resultar em condições inseguras também deverão ser comunicadas (Possi, Passos & Oliveira Filho, 2010, pp. 4).



**Figura 2:** Processo de Vigilância. Fonte IFI (2015), adaptado

Segundo ANAC (2010) atividades como Monitoramento Contínuo na Linha de Produção, Auditorias Não Programadas, Acompanhamentos de Voo de Produção e Inspeções de Aeronavegabilidade são diretamente relacionadas à segurança de voo sendo atividades exclusivas das AAC. A figura 2 mostra como deve ser conduzido o processo de vigilância continuada

apresentado pela autoridade. Logo após a certificação de produção deve-se verificar, de forma mais próxima e profunda, os requisitos onde existem as maiores probabilidades da ocorrência de não conformidades. À medida que o processo vai amadurecendo, essas verificações passam a ser mais superficiais e o processo de vigilância passa a ser mais abrangente. Vale ressaltar que o foco pode mudar em função de qualquer informação que requeira uma maior intervenção por parte da AAC.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da pesquisa demonstra que os requisitos regulamentares abordados estão descritos, de certa forma, nas Normas ABNT NBR 15100.

Porém, os conceitos de certificação e aeronavegabilidade sugerem que, diferentemente de uma certificadora de terceira parte, a qual tem por foco principal a satisfação do cliente, as AAC têm como seu principal foco a segurança de voo. Além disso, o cliente de uma certificadora é a indústria, que voluntariamente contrata os serviços de certificação de SGQ, enquanto que o cliente da autoridade que realiza uma certificação compulsória, segundo legislação vigente, é a sociedade que utiliza a aviação como meio de transporte.

Enquanto uma certificadora de terceira parte audita a organização anualmente, o processo de vigilância continuada desenvolvido pelas AAC prevê que ela atue no fabricante e em seus fornecedores sempre que for necessário por meio de atividades exclusivas da autoridade, tais como, Monitoramento Continuado na Linha de Produção, Auditorias Não Programadas, Acompanhamentos de Voo de Produção e Inspeções de Aeronavegabilidade. Essas informações, juntamente com os relatos das dificuldades em serviço e desvios da qualidade, são consideradas pela autoridade como fundamentais neste processo e não são considerados pelas certificadoras de SGQ como fundamentais.

Do exposto, conclui-se que a certificação voluntária de terceira parte desenvolvida pela indústria aeroespacial por intermédio do IAQG, além de contribuir para a melhoria da qualidade na fabricação dos produtos aeronáuticos, constitui uma valiosa ferramenta que prepara o fabricante para a certificação de produção das AAC, porém, deve-se ter em mente que ela não tem a função de substituir a certificação de produção e a vigilância desenvolvida pela autoridade, mas sim, complementá-la.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9001:2008**: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008. 36 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 15100**: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos para organizações de aeronáutica, espaço e defesa. 3 ed. Rio de Janeiro, 2010. 26 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 17021:2011**: Avaliação de conformidade - Requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011. 47 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Instrução Suplementar - IS N° 00-001**: Sistema de Dificuldades em Serviço. Revisão A. 2012. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/CI/Textos/IS-00-001A-P.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Manual de Procedimentos - MPR 300**: Certificação de Produção e Vigilância. Revisão 2. Aprovada em 28 de junho de 2010. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/certificacao/MPR/Textos/MPR-300-002-P.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 01**: Definições, regras de redação e unidades de medida para uso nos RBAC. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/BPS2011/8s/RBAC01.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.
- \_\_\_\_\_. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 21**: Certificação de produto aeronáutico. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/rbac 21 Emenda 00.pdf](http://www2.anac.gov.br/transparencia/pdf/rbac%2021%20Emenda%2000.pdf)>. Acesso em: jun. 2015.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) **Apostila do Curso de Representante Governamental da Garantia da Qualidade**. São José dos Campos, 2015.
- BRASIL. **Lei n. 7565**, de 19 de Dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica CBAer, Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm)>. Acesso em: jun. 2015.
- COELHO, C. E. A. Processo de Certificação de Produto. In: Aeroespacial Brazilian Symposium on Aerospace Eng. & Applications. **Proceedings...** São José dos Campos, 2009. Disponível em: <<http://www.cta-dir2009.ita.br/Proceedings/PDF/59041.pdf>>. Acesso em: jun. 2015.
- CRAWFORD, P. J. The Quality of Airworthiness. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**. [S. l.], v. 52, Issue 9. pp. 5 - 9. 1980. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/eb035661>>. Acesso em: jun. 2015.
- ESTADOS UNIDOS. **Code of Federal Regulations, Title 14 - Aeronautics and Space, Part 21** - Certification Procedures for Products and Parts. Washington. 2012. Disponível em: <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?rgn=14%3A1.0.1.3.9>>. Acesso em: jun. 2015.

- FONSECA, P. C. A. **A Certificação Aeroespacial na FAB: A Sua Importância como Promotora de Benefícios para a Sociedade Brasileira.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2010. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action+&co\\_obra=178152](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action+&co_obra=178152)>. Acesso em: jun. 2015.
- FORTES, C. E. L. S. Estratégia para Certificação de Produção de Produtos Aeronáuticos. In: III Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento (CICTED). **Anais...** Taubaté, 2014. Disponível em: <[http://www.unitau.br/files/arquivos/category\\_154/MCE0491\\_1427378363.pdf](http://www.unitau.br/files/arquivos/category_154/MCE0491_1427378363.pdf)>. Acesso em: jun. 2015.
- HEATH, A. J. (1981) Airworthiness - The Lessons To Be Learned. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology.** [S. l.], v. 53. Issue 2. p. 2 – 4. 1981. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/eb035697>>. Acesso em: jun. 2015.
- (IFI), Instituto de Fomento e Coordenação Industrial. **IFI.** Disponível em: <<http://www.ifi.cta.br/pt-br/certificacao-produto/dificuldades-em-servico>>. Acesso em: jul. 2015.
- PASSOS, R. C.; POSSI JÚNIOR, R.; OLIVEIRA FILHO, O. Proposta de Criação e Gerenciamento do Documento Boletim Informativo de Aeronavegabilidade Continuada BIAC. **Revista Conexão SIPAER**, v 2, p. 221-229. 2010. Disponível em: <<http://inseer.ibct.br/sipaer/index.php/sipaer/articleview/67/98>>. Acesso em: jun. 2015.
- POSSI JÚNIOR, R.; PASSOS, R. C.; OLIVEIRA FILHO, O. Um Novo Modelo para Submissão de Ocorrências Aeronáuticas. **Revista Conexão SIPAER**, v. 2, p. 163-180. 2010. Disponível em: <<http://inseer.ibct.br/sipaer/index.php/sipaer/articleview/66/103>>. Acesso em: jun. 2015.
- (SAE), Society of Automotive Engineers. **SAE International.** Disponível em: <<https://www.sae.org>>. Acesso em: jun. 2015.
- SAMPAIO, P.; SARAIVA, P; RODRIGUES, A. G. ISO 9001 Certification Research: Questions, Answers and Approaches. **Journal of Quality & Reliability Management.** [S. l.], v. 26, n.1, p. 38-58. 2009. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/02656710910924161>>. Acesso em: jun. 2015.
- SOUZA, L. P. **Análise Crítica do Processo de Auditoria de Sistema de Gestão da Qualidade no Setor Aeroespacial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2010. Disponível em: <[http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=306](http://www.bdtd.unitau.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=306)>. Acesso em: jun. 2015.

---

# Análise da Suposição de Subnotificações de Ocorrências Aeronáuticas no Contexto da Aviação Civil Brasileira

Jorge Luiz Farias<sup>1</sup>, Cleibson Aparecido de Almeida, Luis Carlos Batista Santos

1 fariasjlf@fab.mil.br

---

**RESUMO:** Esta pesquisa apresenta uma análise das notificações de ocorrências aeronáuticas da aviação civil brasileira nos últimos 10 anos. São apresentados dados sobre acidentes e incidentes aeronáuticos com foco na suposição de subnotificações em alguns segmentos da aviação. As informações utilizadas foram coletadas na base de dados aberta do CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Para validações das suposições foram aplicados testes de hipóteses, com aplicação da estatística Qui-Quadrado. Nas análises, procurou-se evidências quanto à hipótese de subnotificações nas ocorrências aeronáuticas, em especial naquelas classificadas com incidentes, em que os prejuízos materiais e humanos são menores e causam menor impacto midiático. Com isso, foi percebida uma redução no número de notificações de incidentes aeronáuticos ao longo do período analisado. Com os resultados obtidos, foi apresentado um macropanorama desta situação, e sugerido para trabalhos futuros, análises mais detalhadas com foco nas possíveis causas da subnotificação dos incidentes aeronáuticos. Assim, o objetivo deste trabalho é alertar a sociedade brasileira, em especial, a comunidade aeronáutica, sobre a ausência de notificações e seus impactos na segurança de voo.

**Palavras Chave:** Subnotificação. Incidente Aeronáutico. Aviação Civil.

## Analysis of the Hypothesis of Aeronautical Occurrences Underreporting in the Context of the Brazilian Civil Aviation

**ABSTRACT:** This research presents an analysis of the notifications of aeronautical occurrences in the Brazilian civil aviation in the last 10 years. Data on aeronautical accidents and incidents are presented, focusing on the assumption of underreporting in some aviation segments. The information used was collected in the open database of CENIPA, the Center for Investigation and Prevention of Aeronautical Accidents in Brazil. Hypothesis tests were used to validate the assumptions, with the application of chi-square statistics. In the analysis, evidence was sought regarding the hypothesis of underreporting in aeronautical occurrences, especially of those classified as incidents, where the material and human damage is smaller and causes less media impact. Hence, a decrease in the number of notifications of aeronautical incidents was observed during the period analyzed. With the results obtained, a macro panorama of this situation was presented and suggested for future work, with more detailed analyses focusing on the possible causes of the underreporting of aeronautical incidents. Thus, the objective of this work is to alert the Brazilian society, especially the aeronautical community, on the absence of notifications and the resulting impact on flight safety.

**Key words:** Underreporting. Aeronautical Incident. Civil Aviation.

**Citação:** Farias, JL, Almeida, CA, Santos LCB. (2017) Análise da Suposição de Subnotificações de Ocorrências Aeronáuticas no Contexto da Aviação Civil Brasileira. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 49-54.

### 1 INTRODUÇÃO

O acidente aeronáutico é um evento que afeta a vida de familiares e usuários que utilizam o modal aéreo como meio de transporte. No Brasil, este tipo de evento tem se tornado cada vez mais midiático e, com isso, tornou-se um item de grande curiosidade da população, especialmente após a ocorrência dos acidentes envolvendo as aeronaves de matrícula PR-MBK e PR-GTD (CENIPA, 2008; CENIPA, 2009).

De fato, não são poucos os casos em que vemos grande mobilização da sociedade. É notório que os acidentes que envolvem aeronaves do segmento aviação regular (comercial) requerem maior atenção, pois são essas as aeronaves que transportam a maior quantidade de pessoas diariamente, no Brasil. Acidentes neste segmento da aviação também chamam a atenção devido ao tamanho dos danos materiais causados e a quantidade maior de pessoas envolvidas, uma vez que são aeronaves de maior tamanho e capacidade para passageiros (ANAC, 2015).

No entanto, dentro do contexto da classificação das ocorrências aeronáuticas que são notificadas, os incidentes requerem maior atenção quando o assunto é prevenção. Heinrich (1931), publicou um trabalho precursor que ficou conhecido como “pirâmide de Heinrich”. Neste trabalho, ele apresentou sua teoria piramidal quanto aos níveis de gravidade em falhas de

segurança do trabalho. Objetivamente, foi criada uma regra em que para cada um acidente com lesão grave, 29 tinham lesões leves e 300 não tinham qualquer tipo de lesão.

Com esta abordagem, o incidente deve ser visto sob a perspectiva do acidente em sua forma embrionária. Ao se levar em conta que o incidente é um evento com o potencial de virar um acidente, se torna importante monitorar as notificações com este perfil, sobretudo quando se pretende trabalhar de forma preditiva e evitar que os eventos com maiores danos ocorram.

Assim, propõe-se uma análise dos dados que norteiam este assunto, em especial procura-se estabelecer as relações que explicam a suposição de subnotificação de eventos aeronáuticos de menores danos, os incidentes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns trabalhos sobre segurança do voo, como Fajjer (2009) e Hespanhol (2016), evidenciam que este tema está cada vez mais presente no rol de interesses da pesquisa científica.

Segurança de voo significa diminuir e gerenciar, tanto quanto possível, o risco de lesões às pessoas ou danos aos bens materiais, portanto, consideram-se necessários estudos que sirvam de base para a prevenção de novos acidentes, visto que esses acontecimentos podem provocar altos gastos de valores financeiros e a perda de vidas humanas (Hespanhol, 2016).

As práticas teóricas de investigação de acidentes aéreos compreendem diferentes aspectos que englobam as definições de risco e segurança, as bases teóricas, os sistemas de segurança, as análises estatísticas e os profissionais envolvidos (Fajjer, 2009).

Outra questão importante em estudos de segurança de voo é a padronização das taxonomias adotadas. Como este trabalho foca nos incidentes aeronáuticos, presta-se a devida atenção ao padrão definido na Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica 3-6, NSCA 3-6, publicado pelo CENIPA (COMAER, 2013).

Na NSCA 3-6, é tratado como definição de incidente aeronáutico “toda ocorrência aeronáutica relacionada com a operação de uma aeronave que não chegue a se caracterizar como um acidente aeronáutico, mas que afete ou possa afetar à segurança da operação”.

Todos os acidentes aeronáuticos são investigados pelo CENIPA. Portanto os dados relativos a este tipo de ocorrência são considerados fidedignos e com maiores dificuldades de ocultação das informações sobre o evento. O mesmo não acontece em relação aos incidentes e já foi observado por Zohreh (2008), “incidentes são subestimados e sujeito ao viés do autorrelato”.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Coleta e estruturação dos dados

Os dados utilizados foram coletados em 22 de abril de 2017. A fonte utilizada foi a base de dados aberta (Opendata AIG Brazil), disponível no portal de dados abertos do Governo Federal Brasileiro (CENIPA, 2017).

Esta base de dados concentra eventos aeronáuticos (acidentes e incidentes) acontecidos entre os anos de 2007 e 2016. No total foram verificadas a existência de 4321 ocorrências aeronáuticas classificadas em acidentes (1289 observações) e incidentes (3032 observações).

- segmento da aviação, que foi categorizada em agrícola, especializada, instrução, particular, regular e táxi-aéreo, a mesma adotada pelo CENIPA. Apesar de existirem outras categorias de aviação, essas foram selecionadas por serem mais representativas quando se trata de ocorrências aeronáuticas e;
- classificação da ocorrência - acidente ou incidente.

Essas variáveis, por sua natureza, são classificadas como qualitativas tendo em vista que são fruto de categorizações que objetivam contagens simples dos casos observados.

### 3.2 Métodos e softwares utilizados

Para a análise de dados foram utilizados os softwares:

- Qlikview (software de business intelligence) da QlikTech para o tratamento e visualização dos dados;
- Microsoft Excel (planilha e gráficos utilizados) da Microsoft, para apresentação dos dados. Um módulo da plataforma Action Stat foi adicionado ao Excel para análise estatística.

Na análise estatística, devido ao fato das variáveis segmentos e ocorrências serem do tipo qualitativas, é indicado para verificação da associação ou não das variáveis, o teste de Qui-Quadrado de Pearson, conforme descrito em Maroco (2010).

Para isso, os dados apresentados na tabela 1 foram norteadores para a realização de teste de hipóteses a fim de verificar a independência estatística das variáveis. Este teste será feito conforme as hipóteses abaixo.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise Geral

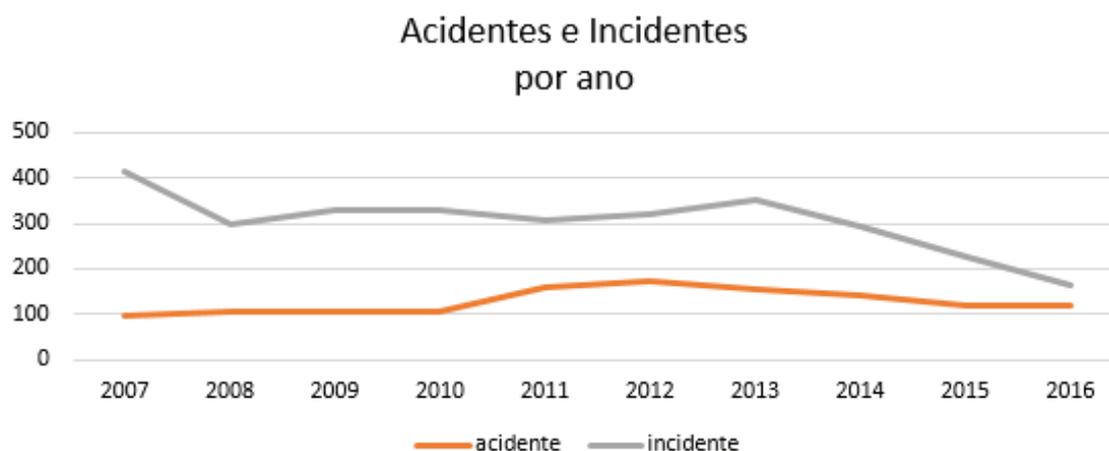
Inicialmente, observam-se, na tabela 1, os totais de ocorrências em cada segmento da aviação. De imediato é possível atentar ao contraste entre o segmento regular e os demais. Percebe-se um elevado número de acidentes no segmento regular e em contrapartida, os demais segmentos apresentam valores maiores para os incidentes.

**Tabela 1:** Total de ocorrências por segmento da aviação

Segmento/Ocorr.	Acidente	Incidente	TOTAL
Agrícola	205	31	236
Especializada	53	50	103
Instrução	242	429	671
Particular	620	740	1360
Regular	17	1201	1218
Táxi Aéreo	152	581	733
TOTAL	1289	3032	4321

Ao observar os dados de forma temporal (Figura 1), em relação aos anos, observa-se que os acidentes permaneceram sem grandes oscilações no período analisado, porém o número de incidentes decresceu ao longo dos anos.

Neste contexto, os incidentes mantiveram estabilidade entre os anos de 2008 e 2013 e desde então, percebe-se uma interessante redução no número de notificações deste tipo de evento.



**Figura1:** Acidentes x Incidentes por ano.

A partir das análises exploratórias visuais, obtidas na Tabela 1 e Figura 2, e suposições já realizadas, prosseguiu-se ao próximo nível de análise. Então, a comprovação estatística sobre a associação das variáveis, ou seja, se as variáveis ocorrência e segmento estão associadas.

O teste não paramétrico de Qui-Quadrado de Pearson foi aplicado aos dados apresentados na Tabela 1, sob as hipóteses definidas na apresentação metodológica.

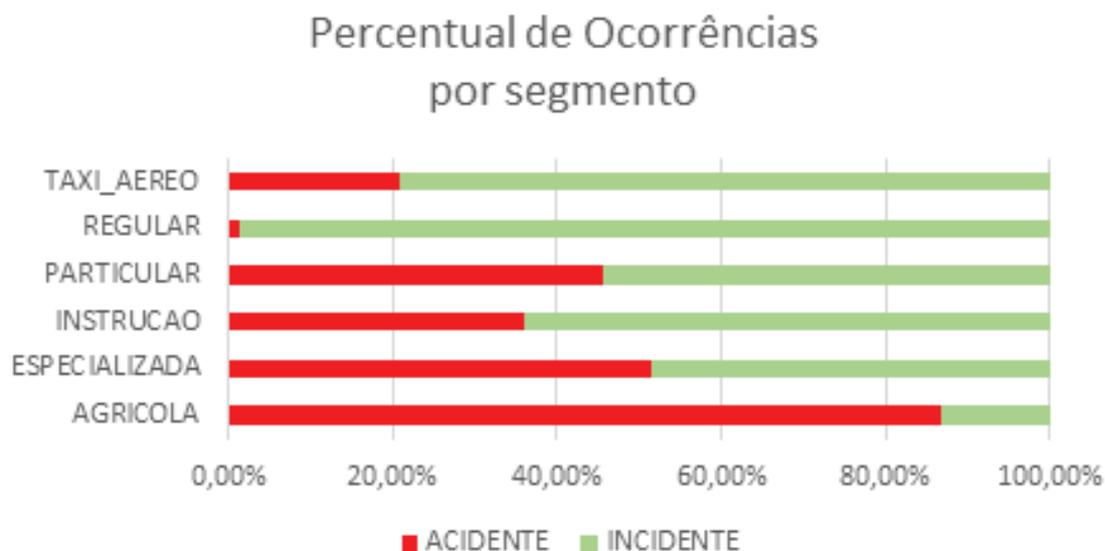
A estatística do teste (Tabela 2) se mostrou bastante significativa, p-valor < 0,05, com 95% de confiança, que sugere rejeição da hipótese nula.

**Tabela 2:** Teste Qui-Quadrado

Informações	Valores
Estatística $\chi^2$	1062,9795
Graus de Liberdade	5
P-Valor	1,38E-227

Portanto, temos evidência estatística para rejeitar a hipótese nula,  $H_0$ , em detrimento da hipótese alternativa,  $H_1$ . Isso quer dizer que as variáveis tipo de ocorrência e segmento da aviação estão associadas, ou seja, o número de ocorrências (acidente/incidente) depende do segmento da aviação ao qual está associado.

Visualmente essa constatação pode ser melhor entendida analisando a figura 2.



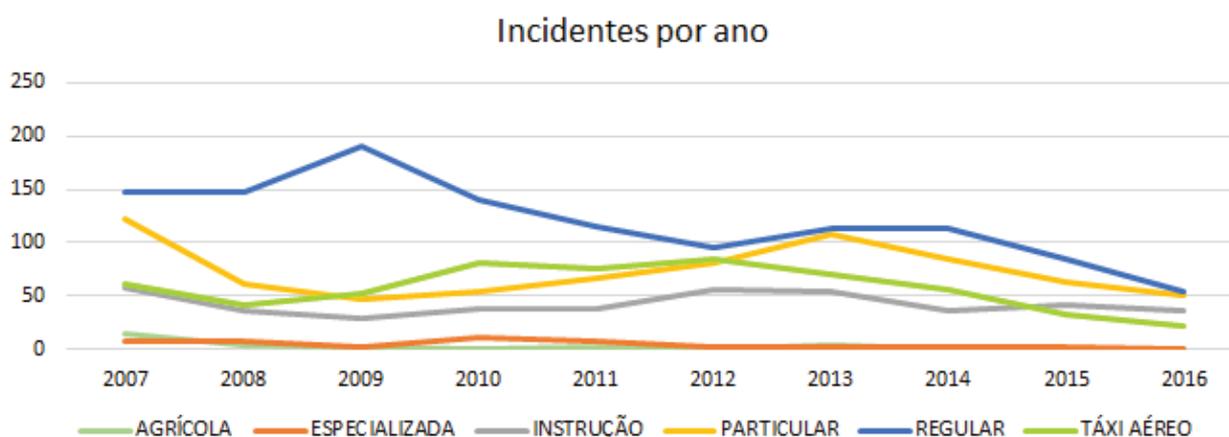
**Figura2:** Percentual de Ocorrências por Segmento.

Mesmo em se tratando de variáveis dependentes, o crescimento ou decréscimo em uma categoria não é, obrigatoriamente, acompanhado pelo mesmo movimento em outra categoria. Um aumento ou diminuição em um segmento não implica a mesma ação em outro segmento. A dependência se dá pelo fato do número de ocorrências estar associado a cada segmento específico.

Percebe-se pela figura 2 a grande diferença percentual do número de ocorrências em cada um dos segmentos. Apesar desta constatação, o que poderá ser verificado na seção seguinte através da figura 3 é que, em todos os segmentos, houve uma queda do número de notificações de incidentes aeronáuticos ao longo dos anos.

#### 4.2 Análise Específica

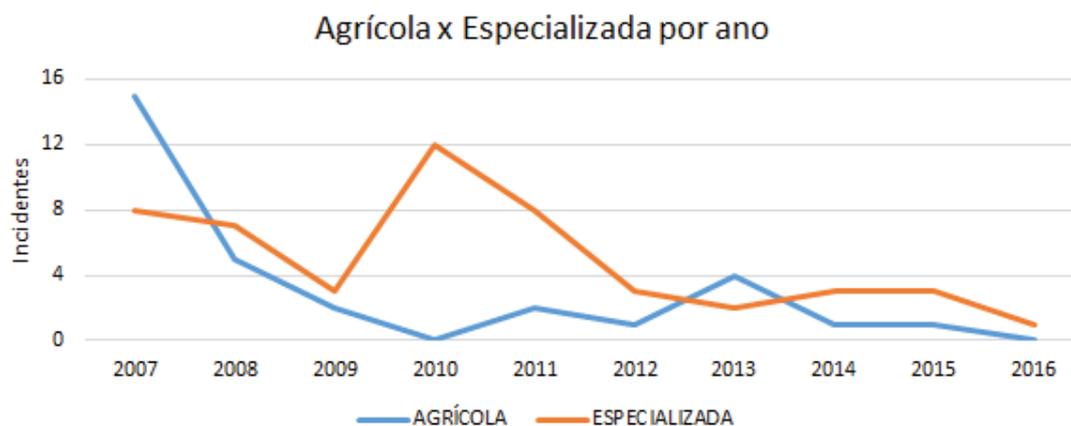
Partindo para uma verificação mais detalhada do número de incidentes notamos, na figura 3, uma tendência de queda no número de notificações ao longo do período analisado.



**Figura 3:** Incidentes por ano em cada segmento

A figura 3 apresenta o número de incidentes aeronáuticos da aviação civil que foram notificados ao CENIPA no período de 2007 a 2016. Percebe-se que, à exceção dos segmentos agrícola e especializada que no período avaliado sempre apresentaram baixos índices de notificações, os demais segmentos estudados apresentaram, em geral, uma diminuição no número de notificações de incidentes.

Mesmo quando analisadas isoladamente a aviação agrícola e especializada também apresentaram uma tendência de diminuição de notificações, como se pode notar pela figura 4.



**Figura 4:** Incidentes por ano nos segmentos agrícola e especializada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo procurou verificar se houve uma variação da quantidade de notificações de incidentes aeronáuticos ao CENIPA e o sentido desta variação. Percebeu-se que de fato houve variação e ela foi negativa, ou seja, houve um decréscimo no número de notificações de incidentes aeronáuticos.

A queda do número de notificações, por si só, não é um fator preocupante desde que o número de acidentes acompanhe esta tendência. Porém, isso não foi percebido na análise dos dados, em especial nos segmentos: particular, agrícola, especializada e instrução.

As causas da queda do número de incidentes precisam ser melhor estudadas, porém, tornou-se evidente que o problema das subnotificações existe e precisa ser combatido com o intuito de aumentar a segurança do transporte aéreo, seja ele de carga ou de passageiros, para passeio ou no trato de defensivos agrícolas.

Os incidentes ocorrem a todo momento e esforços são feitos diariamente no sentido aumentar a capacidade de prevenção dos elementos envolvidos no universo da aviação. Porém, o que ficou constatado é que cada vez menos notificações são verificadas na base de dados do CENIPA. Tal fato é um contrassenso, dado o aumento do nível de inserção do transporte aéreo na sociedade de um modo geral, como mostrado no Relatório Anual de Segurança Operacional (ANAC, 2015).

Assim, são feitas as seguintes sugestões:

- Garantir que os elementos ligados, diretamente ou não, à aviação não sejam punidos ou sofram constrangimentos ao participar e contribuir para a segurança da aviação notificando ou relatando fatos ao qual tenham conhecimento, é fundamental para que novos acidentes sejam cada vez menos frequentes;
- Esforços devem ser implementados para garantir que os pequenos aeródromos, que são maioria no país, sejam tão bem fiscalizados como são os grandes;
- Realizar auditorias e monitoramento na base de dados do CENIPA, com foco na criação e melhoria de indicadores para monitoramento da subnotificação de incidentes aeronáuticos.

Por fim, faz-se necessário que novos estudos sejam realizados no sentido de verificar as reais causas da subnotificação das ocorrências aeronáuticas no contexto da aviação civil brasileira.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAC. Ministério dos Transportes. **Relatório de Segurança Operacional 2015**. Online. Disponível em: < [http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/raso\\_2015.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/raso_2015.pdf) >. Acesso em: 20 abr 2015.
- CENIPA. Comando da Aeronáutica. **Opendata AIG Brazil**. Online. disponível em: < <http://dados.gov.br/dataset/ocorrencias-aeronauticas-da-aviacao-civil-brasileira> >. Acesso em: 22 abr 2017.
- CENIPA. Comando da Aeronáutica. **FCA58-1 Panorama Estatístico da Aviação Brasileira: Ocorrências Aeronáuticas**. Brasília, 2016. 118 p.
- CENIPA. Comando da Aeronáutica. **Relatório final A-22/cenipa/2008**. Brasília, 2008. Online. Disponível em: < [http://www.potter.net.br/media/ rf/pt/PR\\_GTD\\_N600XL\\_29\\_09\\_06.pdf](http://www.potter.net.br/media/ rf/pt/PR_GTD_N600XL_29_09_06.pdf) >. Acesso em: 15 abr 2017. 261 p.
- CENIPA. Comando da Aeronáutica. **Relatório final A-67/cenipa/2009**. Brasília, 2009. Online. Disponível em: < [http://www.potter.net.br/media/ rf/pt/pr\\_mbk\\_17\\_07\\_2007.pdf](http://www.potter.net.br/media/ rf/pt/pr_mbk_17_07_2007.pdf) >. Acesso em: 12 abr 2017. 122 p.
- COMAER. Ministério da Defesa. **NSCA 3-6 Investigação e prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. Brasília, 2013. 51 p.
- FAJER, M. **Sistemas de Investigação dos Acidentes Aeronáuticos da Aviação Geral: Uma análise Comparativa**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 150 p.
- HEINRICH, H. W. **Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach**. New York, USA: McGraw-Hill, 1931. 366 p.

HESPANHOL, R. M. **Caracterização dos fatores contribuintes em acidentes de pequenas aeronaves da aviação geral brasileira utilizando inteligência artificial**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. 96 p.

MAROCO, J. **Análise Estatística com utilização do SPSS**. 3. ed., 2. reimp. Lisboa, Portugal: Edições Sílabo, 2010. 822 p.

ZOHREH, N. Analyzing Relationships Between Aircraft Accidents and Incidents: a data mining approach. In: International Conference on Research in Air Transportation. **ICRAT Summary**. Fairfax. USA, 2008. p. 1-29.

## ANEXOS

### Quantitativo de ocorrências nos últimos 10 anos

Segmento / Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Agrícola</b>	15	5	2	0	2	1	4	1	1	0
<b>Especializ.</b>	8	7	3	12	8	3	2	3	3	1
<b>Instrução</b>	58	37	30	39	39	57	54	36	42	37
<b>Particular</b>	122	61	48	55	67	81	108	84	64	50
<b>Regular</b>	147	147	191	140	116	95	114	113	84	54
<b>Táxi- Aéreo</b>	62	42	53	81	76	85	70	57	33	22

---

# A Avaliação da Qualidade do Sistema Potter no Gerenciamento dos Processos de Investigação Aeronáutica no Brasil (SIPAER)

Vinicius Voltolini Velho<sup>1</sup>, Cleibson Aparecido de Almeida

1 voltolinivvv@fab.mil.br

---

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo identificar de que maneira a avaliação da qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER influencia na identificação das necessidades de adequações do sistema. Para isso, foi utilizada a ferramenta de pesquisa SERVQUAL, que permitiu a coleta dos dados necessários para explicar, subjetivamente, a percepção da qualidade em serviços do sistema POTTER. Os dados coletados foram analisados qualitativamente de acordo com as teorias de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988). A análise permitiu concluir que a avaliação do sistema possibilita identificar as necessidades de adequação utilizando indicadores quando eles apontem a qualidade como baixa/ruim. Este conhecimento poderá ser utilizado para concentrar esforços e recursos nas modificações que permitam atender às necessidades do usuário do sistema POTTER.

**Palavras Chave:** Sistema POTTER. SERVQUAL. Qualidade. Serviços.

## Assessment of the Quality of the Potter Software used in the Management of the SIPAER Aeronautical Investigation Processes in Brazil

**ABSTRACT:** This study aimed to identify how the assessment of the quality of the services provided by the POTTER system in the management of the SIPAER investigation processes influence on the identification of the system's adequacy requirements. For that purpose, the SERVQUAL research tool was used, allowing the collection of the data necessary to explain, in a subjective manner, the perceived quality of the POTTER system services. The collected data were analyzed qualitatively according to the theories of Parasuraman, Zeithaml and Berry (1988). The results showed that the evaluation of the POTTER system used in the management of the SIPAER investigation processes allowed to identify the adequacy requirements of the system by means of quality indicators when they point towards a low or poor quality level. This knowledge can be used to concentrate efforts and resources on changes that allow meeting the needs of POTTER system's users.

**Key words:** POTTER system. SERVQUAL. Quality. Services.

**Citação:** Velho, VV, Almeida, CA. (2017) A Avaliação da Qualidade do Sistema Potter no Gerenciamento dos Processos de Investigação Aeronáutica no Brasil (SIPAER). *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 55-67.

## 1 INTRODUÇÃO

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) é o órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), cuja finalidade é conduzir de forma sistematizada os processos de prevenção e investigação da autoridade aeronáutica brasileira.

Para tanto, conforme o Regulamento do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (ROCA 21-48/2014), ao CENIPA compete, entre outras atribuições: normatizar, planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de prevenção e de investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos; supervisionar as atividades de prevenção e de investigação de ocorrências aeronáuticas realizadas pelos Serviços Regionais de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SERIPA); emitir recomendações de segurança de voo; e elaborar e divulgar os de acidentes e incidentes aeronáuticos.

A partir do contexto delineado pelas competências do CENIPA, tornou-se necessária, ao longo do tempo, a adoção de ferramentas de controle das ocorrências aeronáuticas e de suas investigações.

Inicialmente, foram utilizadas planilhas digitais para o controle das ocorrências e aplicados sistemas para realizar o tramite das investigações e documentos. Entretanto, estas soluções não permitiam o controle de todas as fases do processo em uma única plataforma.

No ano de 2015, visando preencher esta lacuna e procurando atender de uma forma mais adequada às demandas operacionais do CENIPA, foi concebido um novo sistema informatizado, denominado POTTER (INPI, 2017). Este novo sistema tinha a proposta de ser uma ferramenta única para realizar o gerenciamento de ocorrências, investigações, atividades de

prevenção, estatísticas, auditorias e relatórios relacionados ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER.

O sistema é voltado para os usuários internos, oficiais, graduados e civis do CENIPA e SERIPA, que alimentam o sistema com todas as informações referentes às investigações de ocorrências aeronáuticas da aviação civil: a notificação da ocorrência, a confirmação e autenticação das informações, o envio dos registros da investigação, a revisão da minuta de relatório final, a aprovação pelo chefe do CENIPA, a assinatura do Comandante da Aeronáutica, a divulgação das recomendações e a publicação do Relatório Final.

A implantação do POTTER foi realizada por profissionais do CENIPA da Divisão Operacional, da Assessoria de Estatísticas e da Seção de Informática, com o propósito de automatizar os processos de investigação e prevenção, oferecendo aos usuários uma plataforma que proporcionasse um controle de todas as etapas dos processos de forma fácil, efetiva e fidedigna.

Apesar da constante evolução da ferramenta, da busca por melhorias, do surgimento de sugestões e críticas não sistematizadas e da preocupação em oferecer um serviço de qualidade, faz-se necessário avaliar se as necessidades dos usuários estão sendo atendidas pelo sistema POTTER.

Uma vez que o sistema oferece serviços ao cliente interno, percebeu-se que avaliar a qualidade em serviços do POTTER era a melhor forma de determinar a interação do usuário com o sistema.

A necessidade de avaliar, segundo Paladini e Bridi (2013), advém da necessidade de determinar os melhores mecanismos para direcionar esforços no sentido de ajustar o serviço às especificações do cliente.

Entretanto, conforme Fitzsimmons & Fitzsimmons (2014), avaliar a qualidade dos serviços é um desafio, pois a satisfação dos clientes é determinada por muitos fatores intangíveis, ao contrário de um produto com características físicas objetivamente mensuráveis.

Dessa forma, a ênfase deste trabalho está em realizar a avaliação da qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER.

Baseado na inquietação deste pesquisador, verificado empiricamente pela participação da implantação dos processos de notificação, confirmação e autenticação no sistema, surge o seguinte problema: de que maneira a avaliação da qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER influencia na identificação das necessidades de adequações do sistema?

Buscando a resposta ao problema de pesquisa foram estabelecidas as seguintes questões norteadoras (QN):

QN1: Qual é a avaliação da qualidade atribuída pelo usuário ao sistema POTTER, no gerenciamento dos processos de investigações SIPAER?

QN2: Quais as necessidades de adequação foram identificadas pela avaliação da qualidade do sistema POTTER no gerenciamento das investigações SIPAER?

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar de que maneira a avaliação da qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER influencia na identificação das necessidades de adequações do sistema.

Com intuito de responder as questões norteadoras foram estipulados os seguintes objetivos específicos (OE):

OE1: identificar a avaliação da qualidade atribuída pelo usuário ao sistema POTTER, no gerenciamento dos processos de investigações SIPAER; e

OE2: identificar quais as necessidades de adequação foram identificadas pela avaliação da qualidade do sistema POTTER no gerenciamento das investigações SIPAER.

Esta pesquisa, inserida dentro da linha de Administração Militar, apresenta relevância para o Comando da Aeronáutica (COMAER), uma vez permitirá identificar, com base científica, quais são as necessidades de se realizar ou não modificações nas funcionalidades do sistema POTTER.

Dessa forma, os recursos poderão ser direcionados de forma adequada, quer sejam humanos ou materiais. Além disso, a melhoria da qualidade leva a eficiências operacionais, conforme Parasuraman, Zeithaml e Berry (2014), o que pode significar uma maior aderência a utilização do sistema. Isso pode trazer agilidade aos processos de investigação e um incremento na qualidade das informações inseridas, as quais serão disponibilizadas para o SIPAER.

Isso nos permite inferir que avaliar o sistema POTTER é uma oportunidade de tornar mais eficiente uma ferramenta que fornece serviços para a realização de diversas atividades de responsabilidade do CENIPA.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A necessidade de avaliar a qualidade dos serviços nos remete às dificuldades proporcionadas pelas características de não propriedade e distintivas das operações de serviços.

As características distintivas das operações de serviços são apresentadas no Quadro 1.

Característica distintiva	Interpretação
Participação do cliente	As percepções do cliente são influenciadas pela experiência do serviço.
Simultaneidade	O serviço é produzido ao mesmo tempo que é consumido.
Percibilidade	O serviço não pode ser estocado
Intangibilidade	Os serviços não são objetos, são ideias e conceitos
Heterogeneidade	A natureza intangível do serviço associada ao papel do cliente resulta em variações dos serviços

**Quadro 1** – Características distintivas das operações de serviços - Fonte: Adaptado de Fitzsimmons & Fitzsimmons (2014).

Dessa forma, a avaliação da qualidade é um processo realizado ao longo da prestação do serviço. Para Fitzsimmons & Fitzsimmons (2014), a satisfação com a qualidade do serviço é determinada pela comparação do serviço prestado com as expectativas do serviço desejado.

Para nos guiar na resolução do problema de pesquisa, utilizaremos o modelo conceitual de *GAPS* desenvolvido e divulgado na pesquisa de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985).

Os *GAPS* são as lacunas ou discrepâncias existentes nas várias fases que devem ser seguidas no desenvolvimento de um projeto de um novo serviço.

O modelo conceitual de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985) associa o nível da qualidade de um serviço aos 5 *GAPS* existentes que são apresentados e interpretados no Quadro 2.

GAP	Interpretação do GAP	GAP X POTTER
GAP 1 Pesquisa de mercado	Falha na comparação da expectativa dos clientes sobre o serviço e na percepção dos gestores sobre as expectativas dos clientes.	Não foi realizada nenhuma pesquisa de opinião com os usuários dos SERIPA.
GAP 2 Projeto de serviço	Falha nas especificações da qualidade dos serviços definidas pela tradução das percepções que a gerência tem das expectativas dos usuários.	Os módulos dos sistemas foram concebidos pelos profissionais da Divisão Operacional, Assessoria de Estatísticas e Seção de Informática do CENIPA, a partir das percepções de quais seriam as necessidades dos usuários.
GAP 3 Conformidade	Falha na comparação entre o serviço prestado e as especificações de qualidade dos serviços.	Após a especificação dos módulos do sistema POTTER, podem ter ocorrido diferenças entre o solicitado e o programado.
GAP 4 Comunicação	Falha na comparação entre o serviço prestado e a comunicação com os clientes ( <i>marketing</i> ).	Não foi realizado treinamento dos usuários para a operação do sistema. Dessa forma, os usuários podem ter problemas para utilizar alguns dos serviços disponíveis.
GAP 5 Satisfação do cliente	Diferença entre as expectativas e percepções dos clientes. $GAP 5 = f[GAP 1, GAP 2, GAP 3, GAP 4]$ .	Diferença do serviço que o sistema POTTER deveria oferecer e o que ele oferece, segundo a percepção do usuário.

**Quadro 2** – Interpretação dos *GAPS* e as dificuldades no sistema POTTER - Fonte: Adaptação de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985).

Os *GAPS* permitem explicar a diferença entre as expectativas do cliente e o serviço que é ofertado a partir do *GAP5* que é o somatório das lacunas dos demais.

Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988), através de pesquisa exploratória, identificaram dez dimensões que influenciam a do processo avaliativo da qualidade, independentemente do tipo de serviço. Ao testar as dimensões através de análise estatística, aglutinaram algumas dimensões, restando cinco.

As cinco dimensões identificadas por Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988), são apresentadas e interpretadas no Quadro 3.

Dimensão	Interpretação da Dimensão	Dimensão X POTTER
Confiabilidade	Capacidade de prestar o serviço com confiança e exatidão dentro do prazo estipulado.	Fornecer exatidão e confiança no controle dos processos de investigação do SIPAER e das informações disponíveis no sistema POTTER.
Presteza	Disposição para auxiliar os clientes e fornecer o serviço prontamente. Se ocorrer uma falha em um serviço, a capacidade para recuperá-la rapidamente e com profissionalismo.	Disposição de auxiliar os usuários do sistema na solução de dificuldades de operação ou técnicas.
Segurança	Conhecimento e cortesia dos funcionários, bem como sua capacidade de transmitir confiança e confidencialidade. A dimensão da segurança inclui as seguintes características: competência para realizar o serviço, cortesia e respeito ao consumidor, comunicação efetiva com os clientes e a ideia de que o funcionário está realmente interessado em oferecer o melhor serviço possível.	Confiança de que as alterações nos processos de investigação do SIPAER são rastreáveis, que o acesso só pode se dar a partir de autenticação, que os canais de comunicação são adequados e suficientes e que os dados são armazenados com segurança.
Empatia	Interesse e atenção personalizada aos consumidores. A empatia inclui as seguintes características: acessibilidade, sensibilidade e esforço para atender as necessidades dos clientes.	Atender às necessidades de utilização através de filtros de pesquisa suficientes. Possibilitar disponibilidade e velocidade de acesso ao sistema POTTER.
Aspectos tangíveis	Aparência das instalações físicas, equipamentos, pessoal e materiais para comunicação.	Funcionalidades necessárias ao trabalho do usuário, facilidade de uso, espaço de armazenamento de dados suficientes e instruções de utilização suficientemente claras.

**Quadro 3** – Interpretação das dimensões da qualidade em serviços e sua correlação com a avaliação no sistema POTTER - Fonte: Adaptação de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988).

Após a identificação das dimensões da qualidade, Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988) desenvolveram e operacionalizaram uma ferramenta de pesquisa, denominada *SERVQUAL*, capaz de mensurar a qualidade em serviços variados dentro das dimensões identificadas.

Segundo Fitzsimmons & Fitzsimmons (2014), a *SERVQUAL* atribui pontuação a qualidade em serviços ao calcular a diferença entre as classificações atribuídas às afirmações correspondentes as expectativas e percepções.

Conforme Almeida (2013), o formato do instrumento de pesquisa utilizado na *SERVQUAL* foi aprimorado desde o seu primeiro emprego. A última evolução do formato foi o emprego de um questionário com três colunas.

Segundo Parasuraman, Zeithaml e Berry (1994), o formato da ferramenta *SERVQUAL* de três colunas parte do princípio em que os consumidores podem avaliar de acordo com serviço percebido (SP), serviço esperado (SE) e serviço aceito (SA) para cada questionamento do instrumento.

No formato de três colunas, a diferença entre SP e SA fornece um valor chamado de medida de adequação do serviço (MAS). Valores positivos para o MAS indicam que o serviço atende a qualidade mínima aceitável pelos clientes, caso contrário, a qualidade do serviço é considerada ruim.

A diferença entre SP e SE é chamada de medida de superioridade do serviço (MSS). Valores positivos revelam que a qualidade oferecida está acima das expectativas do cliente tendo excelência em qualidade.

A relação dessa teoria com essa pesquisa se forma, uma vez que ela define como mensurar a qualidade em serviços e permite a aplicação para qualquer tipo de serviço, inclusive o “cliente” interno do sistema POTTER.

Além disso, a ferramenta *SERVQUAL* permite avaliar a qualidade das dimensões do sistema POTTER, dentre as identificadas no estudo de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988).

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada segundo as instruções formuladas por Gil (2002). Ela foi uma pesquisa descritiva formal e estruturada, voltada para a área das ciências sociais. Quanto à natureza, foi uma pesquisa qualitativa que visou explicar, subjetivamente, a percepção da qualidade em serviços do sistema POTTER.

Quanto ao método, foi utilizado o indutivo. Quanto à técnica, foi um levantamento, pois utilizou um questionário de pesquisa. Os dados foram analisados qualitativamente.

A população pesquisada foram os 147 (cento e quarenta e sete) usuários cadastrados e ativos do sistema POTTER no momento da aplicação do questionário. A amostra foi composta dos 54 (cinquenta e quatro) respondentes.

Utilizando o método da curva de Gauss ou curva Gaussiana, o nível de confiança da pesquisa foi de 90% com uma margem de erro de 10%.

Para possibilitar a resolução da QN1 foi aplicada a ferramenta *SERVQUAL* e realizada a tabulação dos valores atribuídos pelo usuário ao serviço percebido (SP), serviço esperado (SE) e serviço aceito (SA) para encontrar os valores dos indicadores de qualidade em serviços apresentados no referencial teórico, MAS e MSS.

Para definir os valores numéricos dos indicadores foi aplicada a ferramenta *SERVQUAL* no formato de três colunas.

O respondente avaliou as vinte e duas afirmações para o serviço esperado (SE), percebido (SP) e serviço aceito (SA) utilizando uma escala numérica de 1 a 9, do tipo *Likert*<sup>1</sup>, e o menor valor representou uma resposta do tipo discordo plenamente e o maior valor correspondeu a uma resposta do tipo concordo plenamente, conforme a Figura 1.

#### 20. O sistema é de fácil utilização. \*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha expectativa:	<input type="radio"/>									
Minha percepção:	<input type="radio"/>									
Mínimo aceito:	<input type="radio"/>									

Figura 1 – Demonstração da escala do tipo *Likert* acrescida da letra N - Fonte: Autor (2016).

Além da escala numérica, o questionário apresentou a letra N para indicar a incapacidade do respondente em avaliar aquela questão.

As vinte e duas questões estão distribuídas nas cinco dimensões da qualidade identificadas por Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985). As questões referentes à ferramenta são fechadas e formuladas de forma afirmativa e, após serem adaptadas por este pesquisador, ficaram divididas no questionário da seguinte maneira:

Q1. As informações disponibilizadas pelo sistema são constantemente atualizadas.	Confiabili
Q2. O sistema elimina a necessidade de processos paralelos de controle.	
Q3. As informações fornecidas pelo sistema são úteis e confiáveis.	
Q4. As falhas nas informações fornecidas são diagnosticadas e corrigidas.	
Q5. O sistema comporta-se conforme esperado durante a sua utilização (não apresenta “bug”).	
Q6. Os comportamentos inesperados - “bug” - relatados são solucionados.	Prestez
Q7. O suporte técnico do sistema fornece <i>feedback</i> ao usuário.	
Q8. Os colaboradores do sistema são educados com o usuário.	
Q9. Os colaboradores tentam solucionar as dúvidas e problemas do usuário.	Segura
Q10. O sistema permite rastrear as alterações realizadas nos processos.	
Q11. Os canais de comunicação com o suporte técnico do sistema são suficientes e adequados.	
Q12. <i>Login</i> , senha e o perfil individual do usuário garantem a segurança do sistema.	
Q13. Os arquivos e informações armazenados são mantidos em segurança no sistema.	Empatia
Q14. O meu perfil no sistema permite que eu tenha acesso às informações necessárias as minhas atribuições.	
Q15. O sistema possui filtros de pesquisa suficientes para atenderem às minhas necessidades.	
Q16. Os serviços do sistema estão disponíveis quando eu preciso.	
Q17. A velocidade do sistema atende às minhas necessidades.	
Q18. O sistema pode ser utilizado através de dispositivos portáteis.	
Q19. O sistema possui as funcionalidades necessárias ao meu trabalho.	T
Q20. O sistema é de fácil utilização.	

<sup>1</sup> *Likert* – A escala de verificação de Likert consiste em desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, para as quais os respondentes emitirão seu grau de concordância. (COSTA e SILVA, 2014, p. 5).

Q21. O sistema oferece espaço adequado para armazenar os processos de investigação.	
Q22. As instruções sobre a utilização dos serviços (tutoriais) disponibilizados pelo sistema são claras e autoexplicativas.	

**Quadro 4** – Questões do formulário e a sua distribuição dentro das dimensões da qualidade em serviços - Fonte: Adaptação de Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985).

A coleta de dados foi realizada através de questionário de forma autônoma sem interferência do pesquisador utilizando o *Google Forms* - Formulários Google.

O questionário passou por pré-teste e não foram identificadas dificuldades quanto ao vocabulário utilizado e incapacidade de responder, incidência de N.

Dessa forma, utilizando os indicadores, foi possível avaliar a qualidade atribuída pelo usuário a cada questão (Q) e dimensão da qualidade em serviços do sistema POTTER analisando os dados coletados com base nos critérios definidos por Parasuraman, Zeithaml e Berry (1994):

- MAS positiva e MSS positiva – qualidade alta, ou seja, acima da expectativa do consumidor;
- MAS positiva e MSS negativa – qualidade adequada/suficiente, atendeu à necessidade do consumidor; e
- MAS negativa e MSS negativa – qualidade baixa/ruim, não atendeu à necessidade do consumidor.

A qualidade encontrada só é válida no momento da aplicação da ferramenta *SERVQUAL*, representando uma limitação da pesquisa, uma vez que a característica distintiva da participação do cliente faz com que as percepções se alterem com base nas experiências de uso do serviço.

Para responder a QN2, a partir da aplicação da ferramenta de pesquisa, foram utilizados os valores dos indicadores MAS e MSS. Durante a análise dos dados foram comparados os resultados de cada questão e também o comportamento das dimensões buscando as que apresentassem indicadores negativos – serviço sem qualidade.

#### 4 RESULTADOS

A avaliação do sistema POTTER foi realizada com base na ferramenta *SERVQUAL*.

Para encontrar os valores dos indicadores da qualidade - MAS e MSS - e responder a QN1, foram utilizadas as médias atribuídas pelo usuário ao serviço esperado (SE), serviço percebido (SP) e serviço aceito (SA) a cada uma das questões. Posteriormente, os valores médios de SE, SP e SA atribuídos às questões foram utilizados para determinar os valores das dimensões da qualidade em serviços.

O Quadro 5 mostra as médias dos valores de SE, SP e SA atribuídas pelo usuário a cada uma das questões, bem como os valores encontrados para os indicadores.

	SE	SP	SA	MSS	MAS
Q1. As informações disponibilizadas pelo sistema são constantemente atualizadas.	8,49	7,5	6,68	0,99	0,82
Q2. O sistema elimina a necessidade de processos paralelos de controle.	8,41	6,64	7,02	1,77	-0,38
Q3. As informações fornecidas pelo sistema são úteis e confiáveis.	8,55	8,09	7,55	0,46	0,54
Q4. As falhas nas informações fornecidas são diagnosticadas e corrigidas.	8,47	7,47	7,16	-1	0,31
Q5. O sistema comporta-se conforme esperado durante a sua utilização (não apresenta “bug”).	8,37	7,67	7,2	-0,7	0,47
Q6. Os comportamentos inesperados - “bug” - relatados são solucionados.	8,53	7,92	7,14	0,61	0,78
Q7. O suporte técnico do sistema fornece <i>feedback</i> ao usuário.	8,33	7,47	7,13	0,86	0,34
Q8. Os colaboradores do sistema são educados com o usuário.	8,57	8,49	8,04	0,08	0,45
Q9. Os colaboradores tentam solucionar as dúvidas e problemas do usuário.	8,5	8,35	7,83	0,15	0,52
Q10. O sistema permite rastrear as alterações realizadas nos processos.	8,27	7,48	7,21	0,79	0,27
Q11. Os canais de comunicação com o suporte técnico do sistema são suficientes e adequados.	8,45	7,85	7,47	-0,6	0,38
Q12. <i>Login</i> , senha e o perfil individual do usuário garantem a segurança do sistema.	8,53	8,2	8	0,33	0,2

Q13. Os arquivos e informações armazenados são mantidos em segurança no sistema.	8,55	8,12	8	- 0,43	0,12
Q14. O meu perfil no sistema permite que eu tenha acesso as informações necessárias as minhas atribuições.	8,4	7,73	7,96	- 0,67	-0,23
Q15. O sistema possui filtros de pesquisa suficientes para atenderem às minhas necessidades.	8,28	7,65	7,4	- 0,63	0,25
Q16. Os serviços do sistema estão disponíveis quando eu preciso.	8,55	8,07	7,05	- 0,48	1,02
Q17. A velocidade do sistema atende às minhas necessidades.	8,54	8,07	7,41	- 0,47	0,66
Q18. O sistema pode ser utilizado através de dispositivos portáteis.	7,86	7,78	7,14	- 0,08	0,64
Q19. O sistema possui as funcionalidades necessárias ao meu trabalho.	8,5	7,81	7,36	- 0,69	0,45
Q20. O sistema é de fácil utilização.	8,39	7,98	7,28	- 0,41	0,7
Q21. O sistema oferece espaço adequado para armazenar os processos de investigação.	8,51	8,05	7,63	- 0,46	0,42
Q22. As instruções sobre a utilização dos serviços (tutoriais) disponibilizados pelo sistema são claras e autoexplicativas.	8,12	7,62	7,16	-0,5	0,46

**Quadro 5** – Média dos escores de SE, SP e SA atribuídas a cada uma das questões e os valores de MSS e MAS - Fonte: Autor (2016).

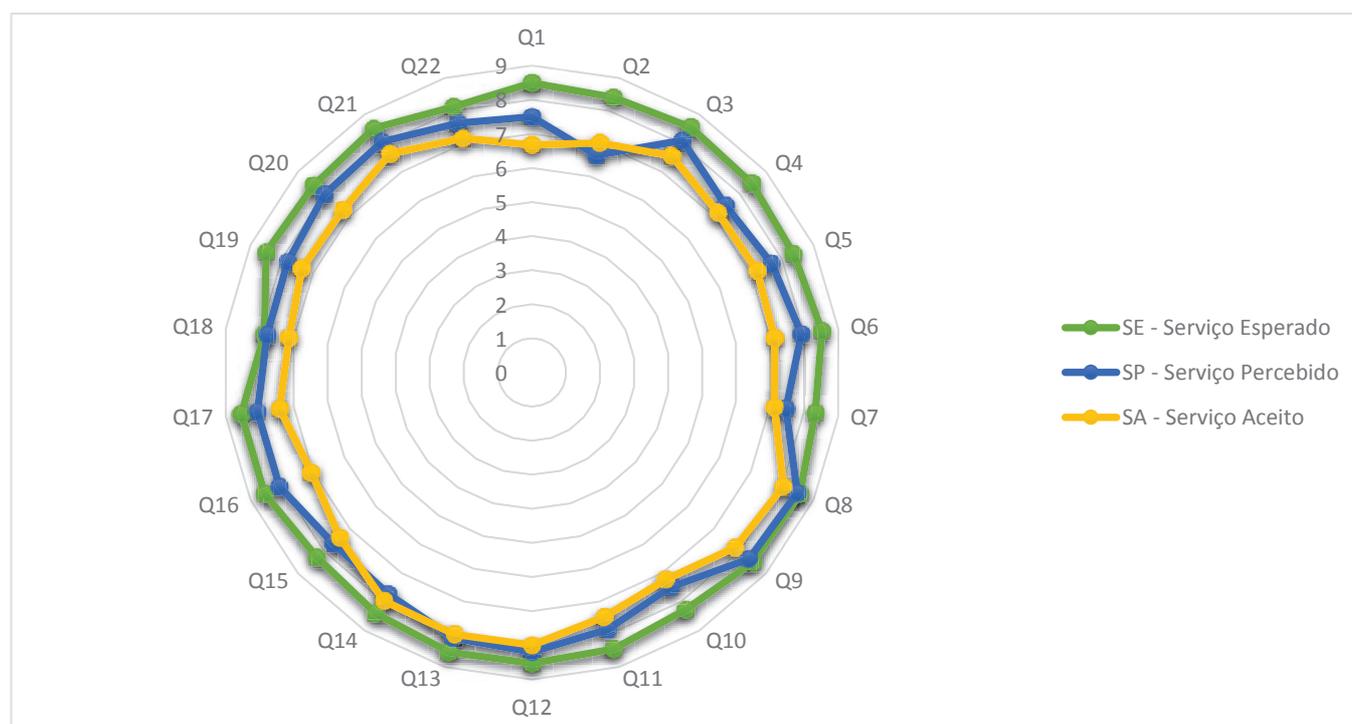
Conforme os dados de MSS apresentados no Quadro 4, é possível observar que em nenhuma questão (Q) o indicador de medida de superioridade do serviço apresentou valores positivos. Isto indica que o sistema não forneceu uma qualidade acima da expectativa do consumidor em nenhum quesito pesquisado.

As questões com melhor desempenho no indicador MSS foram a Q8 e Q18, por terem a maior aproximação entre os valores de SE e SP.

Conforme os dados apresentados no Quadro 4, é possível observar que Q2 e Q14 apresentaram MAS e MSS negativos. Logo, segundo a avaliação dos operadores do POTTER, o sistema não eliminou a necessidade de processos paralelos (Q2), bem como não forneceu perfis de uso que possibilitassem o acesso a todas as informações necessárias às atribuições dos usuários (Q14).

As demais questões, conforme os dados do Quadro 4, apresentaram MSS negativo e MAS positivo, indicando que a qualidade atendeu às necessidades do usuário.

No Gráfico 1, onde são representados SE, SP e SA, é possível perceber que as questões nas quais o SP está entre SE e SA, a qualidade foi avaliada como adequada. Logo, se  $SE > SP > SA$ , a qualidade atendeu à necessidade do usuário.



**Gráfico 1** – Representação gráfica da média dos escores de SE, SP e SA atribuídas a cada uma das questões - Fonte: Autor (2016).

Para chegarmos aos indicadores MSS e MAS das dimensões da qualidade foram utilizados os valores de SE, SP e SA apresentados no Quadro 4, referente a cada questão.

Os valores de SE, SP e SA da confiabilidade foram obtidos a partir da média das Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5.

Os valores de SE, SP e SA da presteza foram obtidos a partir da média das Q6, Q7, Q8 e Q9.

Os valores de SE, SP e SA da segurança foram obtidos a partir da média das Q10, Q11, Q12 e Q13.

Os valores de SE, SP e SA da empatia foram obtidos a partir da média das Q14, Q15, Q16, Q17 e Q18.

Os valores de SE, SP e SA da tangibilidade foram obtidos a partir da média das Q19, Q20, Q21 e Q22.

O Quadro 6 apresenta os valores de SE, SP e SA atribuídas às dimensões da qualidade em serviços, bem como os valores encontrados para os indicadores.

DIMENSÃO DA QUALIDADE	SE	SP	SA	MSS	MSA
<b>CONFIABILIDADE</b>	8,46	7,47	7,12	-0,99	0,35
<b>PRESTEZA</b>	8,48	8,05	7,53	-0,43	0,53
<b>SEGURANÇA</b>	8,45	7,91	7,67	-0,54	0,24
<b>EMPATIA</b>	8,33	7,86	7,39	-0,47	0,47
<b>TANGIBILIDADE</b>	8,38	7,86	7,36	-0,52	0,5

**Quadro 6** – Média dos escores de SE, SP e SA atribuídas a cada uma das dimensões da qualidade e os valores de MSS e MAS. Fonte: Autor (2016).

Conforme os dados de MSS apresentados no Quadro 5, é possível observar que nenhuma dimensão da qualidade apresentou qualidade acima da expectativa do consumidor.

Os indicadores da qualidade em serviços das dimensões apresentaram MSS negativo e MAS positivo, indicando que a qualidade atendeu às necessidades do usuário.

Ao passar a resolução da QN2, os resultados da aplicação da ferramenta *SERVQUAL* apontaram a necessidade de adequação dos serviços nas Q2 e Q14 por terem apresentado MSS e MAS negativos – a qualidade não atendeu à necessidade do consumidor.

A condição para que os valores dos indicadores sejam negativos são os seguintes:

- $MSS = SP - SE$ , logo se  $SE > SP$  o MSS será negativo; e
- $MAS = SP - SA$ , logo se  $SP < SA$  o MAS será negativo.

Se conforme Paladini e Bridi (2013), avaliar advém da necessidade de ajustar o serviço às especificações do cliente, pode-se inferir que quando MSS e MAS apresentam valores negativos, ou ainda  $SE > SP < SA$ , é necessário adequar o sistema à necessidade do usuário.

Dessa forma, para atender completamente os usuários, são necessárias adequações que permitam que o sistema elimine a necessidade de processos paralelos (Q2), bem como os perfis dos usuários possibilitem o acesso a todas as informações necessárias as atribuições do usuário (Q14).

## 5 CONCLUSÃO

A implantação do sistema POTTER com o propósito de automatizar os processos de Investigação e Prevenção, oferecendo aos usuários uma plataforma que proporcione um controle de todas as etapas dos processos de forma fácil, efetiva e fidedigna, criou a necessidade de oferecer um serviço de qualidade.

Sendo assim, esta pesquisa originou-se das inquietações do autor sobre a qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER e da influência da percepção do usuário na necessidade de realizar modificações no sistema.

A inquietação do pesquisador foi traduzida no questionamento que definiu o problema de pesquisa: de que maneira a avaliação da qualidade dos serviços do sistema POTTER no gerenciamento dos processos das investigações SIPAER influencia na identificação das necessidades de adequações do sistema?

Para solucioná-lo foram elencados dois objetivos específicos: (OE1) identificar a avaliação da qualidade atribuída pelo usuário ao sistema POTTER, no gerenciamento dos processos de investigações SIPAER; e (OE2) identificar quais as necessidades de adequação foram identificadas pela avaliação da qualidade do sistema POTTER no gerenciamento das investigações SIPAER.

Após a aplicação da ferramenta de pesquisa, da tabulação e da análise dos dados, a qualidade do sistema POTTER foi avaliada como **baixa/ruim** – MSS e MAS negativos – para as Q2 e Q14, as demais questões (Q) foram avaliadas como tendo qualidade **adequada/suficiente** – MSS negativo e MAS positivo.

A qualidade do sistema POTTER foi avaliada como **adequada/suficiente** – MSS negativo e MAS positivo – para as dimensões confiabilidade, prestação, segurança, empatia e tangibilidade.

Os resultados da aplicação da ferramenta *SERVQUAL* apontaram que o sistema não eliminou a necessidade de processos paralelos (Q2), bem como não forneceu perfis de uso que possibilitassem o acesso a todas as informações necessárias às atribuições dos usuários (Q14), uma vez que a qualidade foi avaliada como baixa/ruim para estes constructos. Assim, não atendeu à necessidade do usuário.

Sendo assim, tornou-se perceptível que a avaliação da qualidade do sistema POTTER influencia a identificação da necessidade de adequação a partir da análise qualitativa dos indicadores MSS e MAS. Logo, valores negativos para ambos indicadores representam que o usuário não é atendido naquela questão ou dimensão sendo necessária a adequação.

Avaliar a qualidade do sistema POTTER, ferramenta primordial nas atividades do SIPAER, permite ao CENIPA direcionar esforços no sentido de ajustar os serviços às necessidades dos usuários trazendo maior agilidade, confiabilidade, rastreabilidade e segurança aos processos de investigação.

Além disso, a ferramenta de pesquisa *SERVQUAL* pode ser adaptada e utilizada para avaliar e identificar a necessidade de adequação de outros serviços e sistemas no âmbito do COMAER.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. **Concepção e desenvolvimento de um protótipo de software genérico para avaliar a qualidade em serviços utilizando o método SERVQUAL**. 2013. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013
- BERRY, L. L.; PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A. A conceptual model of service quality and its implications for future research. **Journal of Marketing**, v. 49, p. 41-50, 1985. Quadrimestral.
- BERRY, L. L.; PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A. **A excelência em serviços**. São Paulo: Saraiva, 2014.
- BERRY, L. L.; PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A. Alternatives scales for measuring service quality: A comparative assessment based on psychometric and diagnostic criteria. **Journal of Retailing**, New York, v. 70, n. 3, p. 201-230, 1994.
- BERRY, L. L.; PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A. SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. **Journal of Retailing**, Cambridge, v. 64, n. 1, p. 12-40, 1988. Quadrimestral.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante. Portaria nº 1677/GC3, de 21 de dezembro de 2016. Aprova a reedição do Regulamento do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (ROCA 21-48). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, RJ, n. 28, 20 fev. 2017.
- BRIDI, E.; PALADINI, E. P. **Gestão e avaliação da qualidade em serviços para organizações competitivas: estratégias básicas e o cliente misterioso**. São Paulo: Atlas, 2013.
- COSTA, F. J.; SILVA, S. D. J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**. São Paulo, Brasil, v. 15, p. 1-16, outubro, 2014. Disponível em: < [http://www.revistapmkt.com.br/pt-Br/volumesanteriores.aspx?udt\\_863\\_param\\_detail=8464](http://www.revistapmkt.com.br/pt-Br/volumesanteriores.aspx?udt_863_param_detail=8464) >. Acesso em: 20 de ago. 2016.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de Serviços**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- INPI. Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados. Cleibson Aparecido de Almeida. **Potter - Sistema de Gestão e Controle de Eventos Aeronáuticos**. Processo: BR 51 2016 001517-9. Criado em: 10 setembro 2014. Expedido em: 18 abril 2017. Validade: 50 anos.

## ANEXOS

## Questionário e orientações para responder as questões.

As questões são divididas em "Minha expectativa", "Minha percepção" e "Mínimo aceito".

- "Minha expectativa": a qualidade que eu espero receber do serviço ofertado;
- "Minha percepção": a qualidade que eu realmente recebo do serviço ofertado; e
- "Mínimo aceito": a qualidade mínima aceitável, abaixo disso eu considero o serviço ruim.

Cada divisão deve receber uma resposta de 1 (discordo plenamente) a 9 (concordo plenamente). Os valores intermediários têm a função de suavizar a resposta de acordo com o valor extremo mais próximo.

"N" condiz com a incapacidade do respondente em avaliar àquela questão.

1. As informações disponibilizadas pelo sistema são constantemente atualizadas.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

2. O sistema elimina a necessidade de processos paralelos de controle.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

3. As informações fornecidas pelo sistema são úteis e confiáveis.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

4. As falhas nas informações fornecidas são diagnosticadas e corrigidas.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

5. O sistema comporta-se conforme esperado durante a sua utilização (não apresenta "bug").

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

6. Os comportamentos inesperados - "bug" - relatados são solucionados.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

7. O suporte técnico do sistema fornece feedback ao usuário.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

8. Os colaboradores do sistema são educados com o usuário.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

9. Os colaboradores tentam solucionar as dúvidas e problemas do usuário.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

10. O sistema permite rastrear as alterações realizadas nos processos.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

11. Os canais de comunicação com o suporte técnico do sistema são suficientes e adequados.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

12. Login, senha e o perfil individual do usuário garantem a segurança do sistema.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

13. Os arquivos e informações armazenados são mantidos em segurança no sistema.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

14. O meu perfil no sistema permite que eu tenha acesso as informações necessárias as minhas atribuições.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

15. O sistema possui filtros de pesquisa suficientes para atenderem às minhas necessidades.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

16. Os serviços do sistema estão disponíveis quando eu preciso.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

17. A velocidade do sistema atende às minhas necessidades.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

18. O sistema pode ser utilizado através de dispositivos portáteis.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

19. O sistema possui as funcionalidades necessários ao meu trabalho.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

20. O sistema é de fácil utilização.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

21. O sistema oferece espaço adequado para armazenar os processos de investigação.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

22. As instruções sobre a utilização dos serviços (tutoriais) disponibilizados pelo sistema são claras e autoexplicativas.

Minha expectativa:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

---

Minha percepção:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
Mínimo aceito:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N

---

# Evaluation of Different Grass Height Management Patterns for Bird Control in a Tropical Airport

Tarcísio Lyra dos Santos Abreu <sup>1</sup>, Nárjara Veras Grossmann, Marina Motta De Carvalho, Daniel Marques Alves Velho, Vitor Cesar de Campos, Camila de Mesquita Lopes

1 tarcisioabreu@hotmail.com

---

**ABSTRACT:** Grass height management is an important tool as a wildlife hazard prevention strategy on airports. Different grass heights, mowing regimes, and grass species composition can attract varied groups of species representing different levels of risk for this kind of environment. Therefore, the goal of this study was to characterize the species that make up the grass cover of the *Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek* and compare potentially hazardous bird activities within three grass management patterns in operation areas of a Brazilian aerodrome. We tested three grass heights and mowing treatments: HF (Tall grass and high frequency mowing), LI (Low grass and infrequent mowing) and LF (low grass and frequent mowing). All analyses were done separately for the species presenting the greatest potential hazard: Southern Lapwing *Vanellus chilensis*, Southern Crested Caracara (*Caracara plancus*), and the collective data of other hazardous bird species. Bird species abundance was compared by GLMM based on two factors: (1) grass height treatment, and (2) mowing/no mowing activities. Our results confirm that grass height at >30 cm is effective to deter the presence of some species of hazardous birds on this airfield. Grass height management strategies should be investigated and conducted at different sites, however, tropical airports can benefit from the results of this study and test whether this height is also appropriate for local species risk management. Nevertheless, for grass management to effectively work in airport settings, this strategy must be fully integrated into airport operations and planning activities.

**Key words:** Wildlife management. Long grass policy. Birdstrike. *Vanellus chilensis*. *Caracara plancus*.

## Avaliação de Diferentes Alturas de Grama para Controle de Aves em um Aeroporto Brasileiro

**RESUMO:** A gestão da altura de grama é uma ferramenta importante como estratégia de prevenção contra riscos de fauna em aeroportos. Alturas diferentes e a composição de espécies da vegetação podem atrair um grupo variado de espécies, de maior ou menor risco, para este tipo de ambiente. Portanto, o objetivo deste estudo inclui a caracterização das espécies que compõem a cobertura vegetal do Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek e comparar a atividade de aves potencialmente perigosas em três padrões de gestão de grama na área operacional de um aeródromo brasileiro. Testamos três alturas e tratamentos de roçagem: HF (grama alta e alta frequência de roçagem), LI (grama baixa e roçagem não frequente) e LF (grama baixa e roçagem frequente). Todas as análises foram feitas separadamente para espécies de aves que apresentaram o maior risco em potencial: o Quero-quero *Vanellus chilensis*, o Carará *Caracara plancus*, e os dados coletivos de outras espécies de risco. A abundância de espécies de aves foi comparada utilizando GLMM na base de dois fatores: (1) tratamento de altura de grama e (2) com a roçagem/ sem roçagem. Nossos resultados confirmaram que a altura de grama acima de 30 cm é eficiente em desencorajar a presença de aves de risco em aeródromos brasileiros. Apesar do fato que as estratégias de manejo de altura de grama devem ser estabelecidas de acordo com as características locais, de forma geral aeroportos tropicais podem se beneficiar deste resultado e testar se essa altura é apropriada para o manejo de suas espécies de risco. Mesmo assim, para o manejo da grama funcionar de maneira eficiente em ambientes de aeroporto esta estratégia deve ser completamente integrada nas operações do aeroporto e nas atividades de planejamento.

**Palavras Chave:** Manejo de fauna. Altura de grama. Colisão com fauna, *Vanellus chilensis*. *Caracara plancus*.

**Citação:** Abreu, TLS, Grossmann, NV, Carvalho, MM, Velho, DMA, Campos, VC, Lopes, CM. (2017) Evaluation of Different Grass Height Management Patterns for Bird Control in a Tropical Airport. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 68-79.

### 1 INTRODUCTION

As civil aviation activity increases worldwide, birdstrikes (i.e., wildlife-aircraft collisions) are safety and financial issues to the aviation industry. Even though birdstrikes occur at a low rate (one in every 2000 flights), the risk of loss of human life is still present (Thorpe 2016). Besides this risk, financial losses both direct (i.e., cost of damage repairs, flight cancellations etc.) and indirect ones (i.e., loss of customer business and passengers re-routing) may result as well. In most cases, indirect costs

exceed direct ones (Flight Safety Foundation 2002). It is estimated that birdstrikes cost the global civil aviation industry US\$ 1.2 billion per year, but this value is considered conservative because a large proportion of airline birdstrike data is not easily available (Allan 2002).

The increase of certain bird populations in urban areas, as well as the use of faster and quieter jet turbines that are less detectable by birds, have increased birdstrike risk, causing a growing concern amongst aviation authorities (Sodhi 2002). The quality of birdstrike data may have also improved in many countries, particularly where reporting has become mandatory, hence strike numbers have been increasing with time (Mackinnon *et al.* 2004, FAA 2007, CAA 2013).

To reduce the risk and consequences associated with birdstrikes, airports should implement wildlife monitoring and management programs (IBSC 2006; ICAO 2012). Airport wildlife management should consist of a series of measures that focus on reducing birdstrike risk. These measures include strategies such as bird repellent and direct species control by capture and removal techniques. However, the most effective long-term method of decreasing the number of birds on airfields is modifying the habitat to make it unattractive to animals (Brough & Bridgeman 1980; Buckley & McCarthy 1994, Novaes & Alvarez 2014).

Habitat management provides a nonlethal technique for reducing the presence of wildlife on airports, and generally aims to remove or manage airside attractants associated with food, water, and shelter. Airfield vegetation type has a direct impact on the local fauna composition, providing both food and nesting grounds, especially for birds (Barras & Seamans 2002; Washburn & Seamans 2004; Linnel *et al.* 2009, Blackwell *et al.* 2013). The airfield environment can also be attractive to many animal groups due to the availability of forage and water resources, shelter, and reproductive sites (Washburn & Seamans 2004, DeVault *et al.* 2011). In highly urbanized areas, airfields can offer large patches of grassland habitat and thus can be particularly attractive to hazardous birds that use these open areas (DeVault *et al.* 2012, Washburn & Seamans 2013).

Managing vegetation is an efficient method for reducing bird presence in airport habitats, in particular, the management of the vegetation height and associated mowing regime, the modification and selection of plant species composition, and the removal of trees and shrubs (Dekker 2000, Brought & Bridgman 1980; Mead & Carter 1973). Although official aviation safety agencies recognize that vegetation management can be effective to reduce the presence of birds on airports (Mackinnon *et al.* 2004, De Fusco *et al.* 2005 IBSC 2006, FAA 2007, ICAO 2012, CAA 2013), there is no consensus about the specific recommendations for on-field management decisions by the local airport authority (Blackwell *et al.* 1999; Seamans *et al.* 1999, Cleary and Dolbeer 2005, Blackwell *et al.* 2013, Washburn & Seamans 2013). In general, taller grass may interfere with predator detection, visibility, feeding capability, and ground movements of some bird species. However, this management strategy may also increase cover and food resources for other potentially hazardous species (Washburn & Seamans 2013). Even after substantial discussions over the past 50 years on the importance of grass management techniques, few studies had evaluated the effectiveness of integrated management techniques on avian abundances (Deacon & Rochard 2000, Seamans *et al.* 2007). It is well documented that ongoing monitoring is crucial to determine the effectiveness of wildlife hazard reduction techniques, and grass management techniques are no exception (Blackwell *et al.* 2013, Washburn & Seamans 2013).

Species-specific wildlife management strategies tend to be the most effective (Barras & Seamans 2002), but the lack of management studies for local species in tropical airports is particularly notable (Linnel *et al.* 2009, Novaes & Alvarez 2010). According to the Brazilian wildlife strike database managed by the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Centre (CENIPA), 25.3% of national strikes where the species was identified involved the Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*), and 8.4% were classified as collisions with Southern-Crested Caracara (*Caracara plancus*). A similar pattern was observed in the strike records for the *Presidente Juscelino Kubitschek* International Airport (SBBR). From January 2000 to November 2012, 461 collisions were reported in SBBR, where 86 (19.3%) were caused by the Southern Lapwing and 58 (13%) by the Southern-Crested Caracara. These species are known for their high-risk behaviour, especially their territorial, nesting, gregarious and foraging behaviours on short grass (Marateo *et al.* 2015). The Southern Lapwing tends to forage and nest in ground vegetation (Saracura 2003). The Southern-Crested Caracara has adapted well to urban environments, taking of available food such as carrion, garbage, fruits, insects, and small vertebrates (Sick 1997; Montalvo *et al.* 2011).

This paper reports the effects of grass management patterns of an airfield strip on the frequencies of potentially hazardous birds. We evaluated which grass height is least attractive to bird species, in two different scenarios: without any mowing (*no mowing*) and up to 10 days after a mowing event (*mowing*). We tested whether the height and mowing frequency affected bird abundances. The tested prediction was that grass-covered areas mown frequently at low heights are more attractive to hazardous species. We also predicted that the first ten days after mowing should also correspond to greater bird abundances. Our results provide insights which aim to aid other airport authorities in developing their own grass management strategy.

## 2 METHODS

### 2.1 STUDY AREA

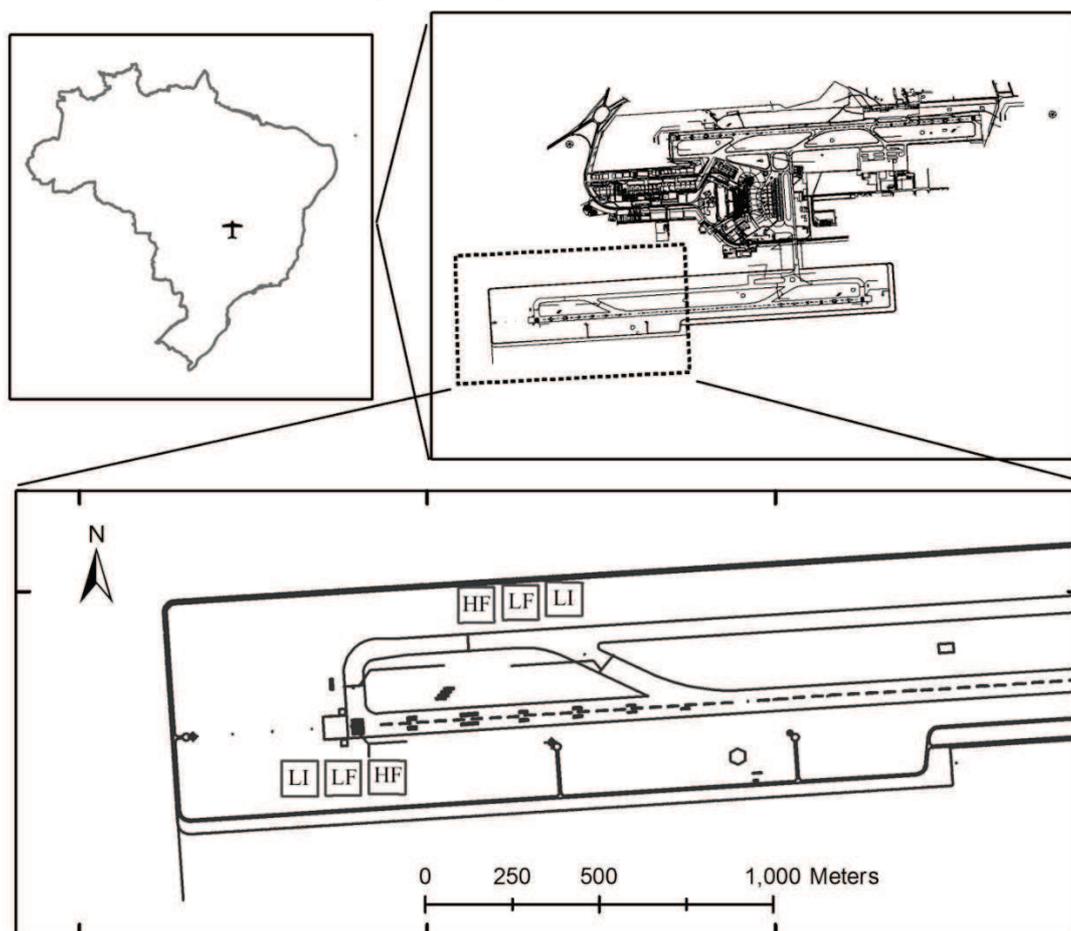
This study was carried out at the *Presidente Juscelino Kubitschek* International Airport (SBBR), 15°52' 09" S 47°55' 15" W in Brasília – DF, Brazil. The airport area comprises 11,200 ha, of which 1,716 ha are under military use, and supports two main runways, two passenger terminals, a cargo terminal, several hangars and gas stations. Urban zones and extensive natural

areas border the airfield. The airport is situated within an Environmental Protection Area known as *Gama e Cabeça de Veado*. Cerrado vegetation types (as described by Ribeiro and Walter 1998) such as savanna grasslands, wetlands and typical Cerrado (locally known as “*cerrado stricto sensu*”) are adjacent to the Airport Operation Area. These areas can provide broad resources for wildlife, encouraging high activity of domestic and wild animals in close proximity to the airport. The Cerrado is a tropical savannah with two well defined seasons, one dry and cold (with 116mm average rainfall) and another hot and dry (with an average of 1383mm of rainfall) (Cardoso, et al, 2015).

## 2.2 GRASS HEIGHT/MOWING TREATMENT

We conducted a survey in July 2012 to identify the grass species and their abundances in the SBBR airfield. Grass samples were collected during 7 non-consecutive sampling days in adjacent plots to the 11R-29L runway. Small sampling squares measuring 20x20cm were randomly tossed in pre-established quadrants. These quadrants were established according to the runways, whereby each runway was divided into eight equally spaced quadrants. We then walked in a zig-zag pattern inside the quadrant tossing the square at every 10m. All individuals were counted and identified inside the sampling square.

For the height/mowing experiment we determined six experimental plots located on grassed areas adjacent to runway 11R (Figure 1). Each experimental plot was 100 m by 100 m wide, located 20 meters from each other. Overall, the experimental array occupied 6 ha of the 32 ha Airport Operation Area. Three grass height treatments were tested with minimum values after mowing and maximum values prior to mowing. Because this study wanted to evaluate the effect of mowing, our experimental design focused on mowing frequency, by different ranges between minimum and maximum heights, not only different height treatments. The experimental treatments were: Low and Frequent (LF) 5cm to 30cm, High and Frequent (HF) 30cm to 50cm and Low and Infrequent (LI) 5cm to 50cm. Each treatment had two replicated plots. Therefore, LF and HF treatments were mowed more frequently as compared to LI. Whereas LF and LI treatments maintained shorter grass height as compared to treatment HF. Grass heights were measured randomly during the bird inspections. The results of these measurements determined when the grass required mowing (i.e., when it exceeded the allocated maximum height for the respective plot) and the grass was mowed to the determined minimum height of each treatment. Observations made up to ten days after plot mowing were classified as “mowing”. After this period, they were reclassified to their pre-mowing status – “no mowing”.



**Figura 1:** Map of the six experimental plots in the 11R-29L runway at *Presidente Juscelino Kubitschek* International Airport, Brasília, Brazil (15° 52' 09" S, 47° 55' 15" W).

### 2.3 BIRD INSPECTIONS

We used the point count method within a 5 min period to estimate bird abundance by species in each plot (Bibby *et al.* 2000). These inspections were conducted once or twice a week, for the duration of the height/mowing treatment study, from 14 October 2011 to 23 May 2012, in all six plots, between 06:00 and 20:00. We attempted to vary the census time in order to avoid seasonal or circadian biases in bird activity. Inspections recorded all bird species using each plot. To determine avian hazard potential, we classified local species according to a heuristic classification (Allan 2006) and also a Brazilian risk matrix (CONAMA 2015), based on the local frequency and severity classifications (De Vault *et al.* 2011). Separate analyses were completed for the two highest risk species, the Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*) and the Southern-Crested Caracara (*Caracara plancus*), as well as on the collective data from other local risk species. In accordance with the risk matrix, this group included raptors, such as the Roadside Hawk (*Rupornis magnirostris*) and the Sparrow Hawk (*Falco sparverius*); the Black Vulture (*Coragyps atratus*), the Whistling Heron (*Syrigma sibilatrix*), the Buff-Necked Ibis (*Theristicus caudatus*), the Ruddy Ground Dove (*Columbina talpacoti*), the Picazuro Pigeon (*Patagioenas picazuro*), and the White-Browed Blackbird (*Sturnella superciliaris*).

### 2.4 STATISTICAL ANALYSES

We used Generalized Linear Mixed Models (GLMM) to analyse the effects of three fixed factors 1) *treatment*, which corresponds to the different grass heights of mowing treatments (HF, LF, LI); and 2) *mowing*, which gathers until ten days post-mowing or "no mowing". We also used *census* (nested within *days*) as a random factor in the analyses to minimize pseudo-replication problems related to effects of repeated measures on the same points or census that occurs at distinct periods during the same day (max = 3). The response variables were tested separately to the three abundances (Southern Lapwing, Southern Crested Caracara, and the collective data of others local hazardous species). Because the abundance measures bird census counts, we used Poisson distribution to create fixed effects models (McDonald *et al.* 2000, Conquest 2000, Manly 2008). The overall model considered both factors and its interaction were compared to an additive model, only *treatment* model and only *mowing* model. The models were determined to each response variable and were tested primarily for the relevance of the random effects and, the fixed effects one by Likelihood Ratio Tests. The best models were selected by variation of Akaike's Information Criterion measures ( $\Delta\text{AIC} < 2$ ) (White & Burnham 1999). The data was evaluated previously for the fit of assumptions underlying statistical tests by a protocol for data errors exploration and graphical residual assessments (Zuur *et al.* 2009).

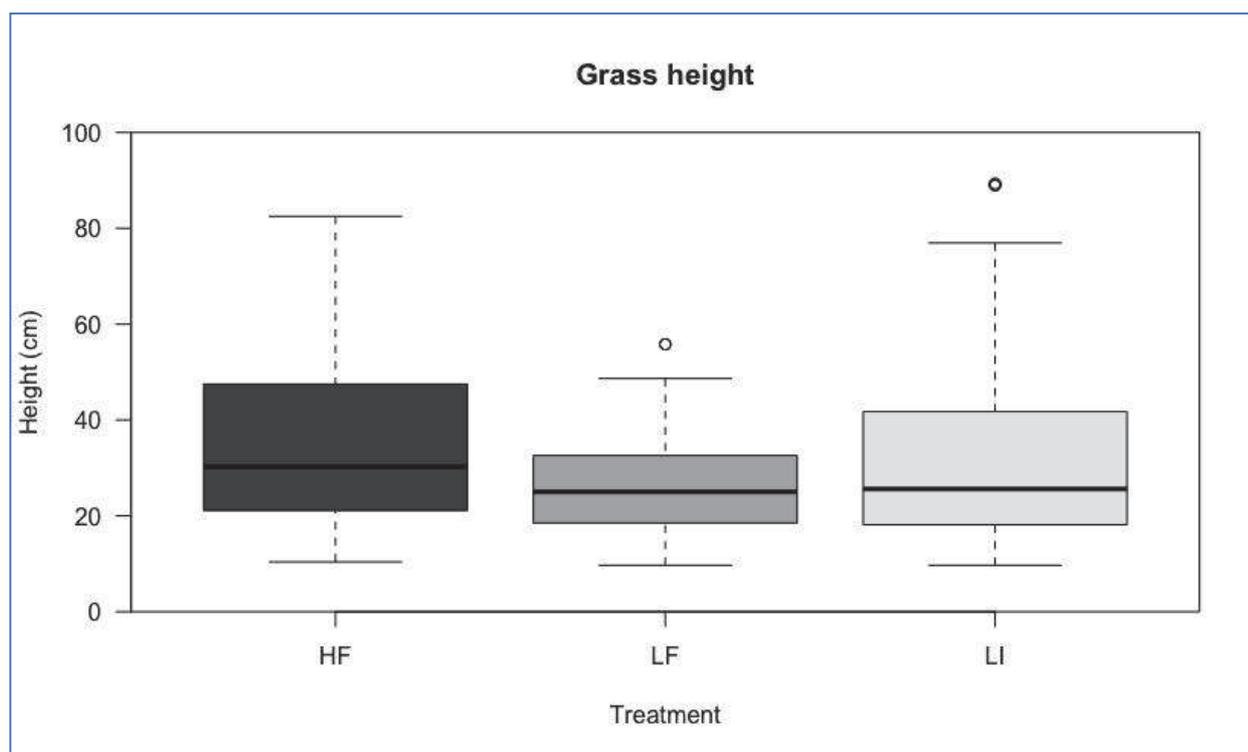
## 3 RESULTS

### 3.1 GRASS SPECIES COMPOSITION

We identified 8 plant species belonging to 4 families on the grass plots adjacent to the 11R-29L runway: Signalgrass or "brachiaria" *Urochloa* (= *Brachiaria*) *decumbens*, Panicgrass *Panicum maximum*, Rose Natal Grass *Rhynchelytrum* (= *Melinis*) *repens* and other unidentified gramineae (Family Gramineae), Arrowleaf Sida *Sida rhombifolia* (Malvaceae), a leguminosae *Bauhinia* *sp* (Fabaceae-Caesalpinoideae), Horseweed *Conyza bonariensis* and Gallant Soldier (or Potato Weed) *Galinsoga parviflora* (Compositae). The most dominant species was Signalgrass which covers 79,3% of the sampled plots, followed by Arrowleaf Sida and Panicgrass covering 14.9% and 4.8% respectively. For the plots adjacent to the 11L-29R runway, the following species ordered by dominance were identified: Signalgrass *Urochloa decumbens* (74%), Panicgrass *Panicum maximum* (15,3%), Arrowleaf Sida *Sida rhombifolia*, other unidentified gramineae, Rose Natal Grass *Rhynchelytrum repens*, Horseweed *Conyza bonariensis*, *Bauhinia sp* and Gallant Soldier *Galinsoga parviflora*. The results suggest that the airfield lawns are composed predominantly of a few non-native grasses.

### 3.2 GRASS HEIGHTS

The HF treatment had the highest average grass height ( $33.9 \pm 15.9$  cm) followed by LI ( $31.2 \pm 17,5$  cm) and LF ( $26.3 \pm 10,5$  cm), indicating the predicted greater variance in treatment LI and greater grass height in treatment HF (Figure 2).



**Figure 2:** Boxplot of the grass heights per treatment: HF (High-Frequent) = 30-50cm, LF (Low-Frequent) = 5-30cm, LI (Low-Infrequent) = 5- 50cm.

### 3.3 BIRD ACTIVITY AND GRASS HEIGHTS

We recorded 1,013 bird observations during 313 census inspections over 222 sampling days varying from 36 to 65 inspections in each sampling plot. The observations comprised of 423 Southern Lapwings, 230 Southern-Crested Caracaras, and 215 other hazardous species sightings. We observed 505 birds in treatment LF, 165 in HF and 343 in LI. Among all sampled individuals, 389 were in “mowing” plots (36 inspections), and 624 were in “no mowing” plots (277 inspections). Even though there were fewer mowing observations, the large bird abundances during this activity suggests mowing periods to be more attractive. The results of model selection indicate that both fixed factors (*treatment* and *mowing*) were relevant to the bird abundances. According to the selected model, the abundance of Southern Lapwing and of Southern Caracara differs significantly among the treatments, between the two different mowing occasions and in the interaction of both factors. These results indicate that the maximum grass height, as well as the mowing period influence the abundances of the two most hazardous species. However, this effect is unequal in the different types of treatments. In the case of other hazardous species abundances, only treatment was a meaningful factor, and the presence or absence of the mowing effect was not an important factor to alter the bird count, even among distinct treatment types (Table 1).

Variáveis de Resposta (Y)	Tratamento	Corte	Tratamento*Corte	AIC	ΔAIC
Abundâncias de Quero-Queros <i>Vanellus chilensis</i>	***	**	**	1058.5 <sup>+</sup>	-
	***	-	-	1070.8	12.3
	-	*	-	1089.5	31.0
	***	***	-	1134.4	75.9
Abundâncias de Carcarás <i>Caracara plancus</i>	***	***	***	303.3 <sup>+</sup>	-
	***	ns	-	355.9	52.6
	***	-	-	375.1	71.8
	-	ns	-	403.8	100.5
Abundâncias de Outras espécies de Aves Perigosas	*	ns	ns	644.5	2.6
	**	ns	-	647.2	5.3
	**	-	-	641.9 <sup>+</sup>	-
	-	ns	-	647.3	5.4

#### Legendas

\*\*\* igual a  $p < 0.001$

\*\* igual a  $p < 0.01$

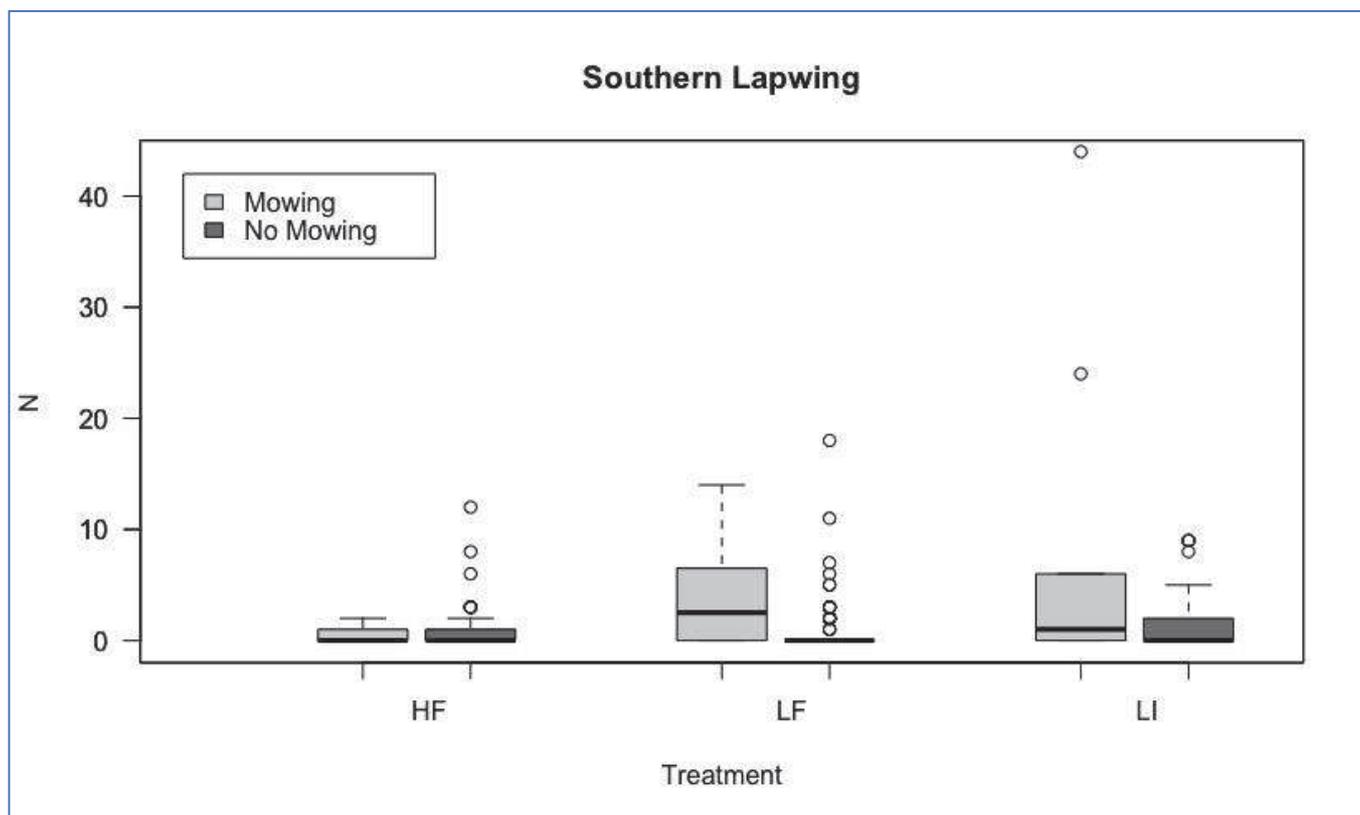
\* igual a  $p < 0.05$

ns - não significativo

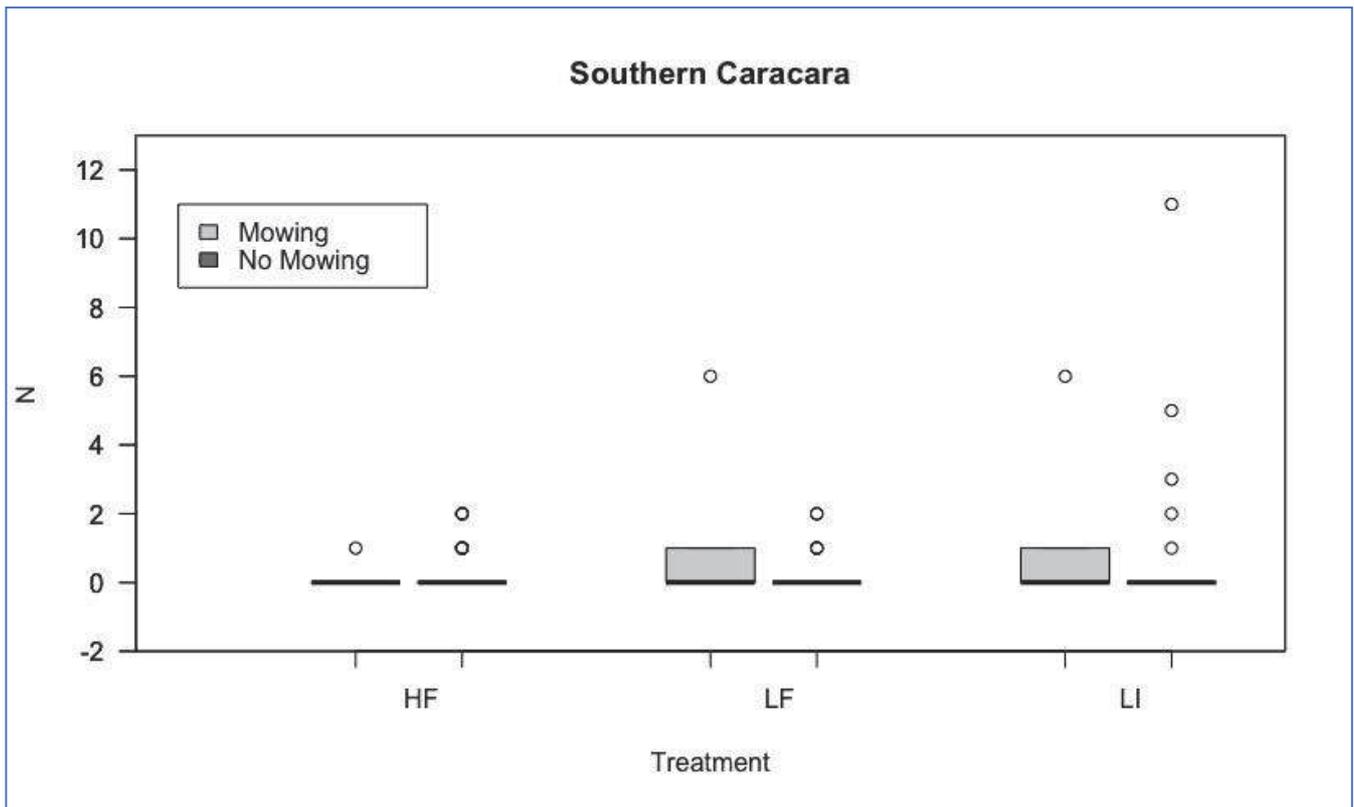
“+” – melhores modelos selecionados

**Table 1:** Selection of Generalized Linear Mixed Models (GLMM) of two fixed factors: *Treatment* - corresponding to different grass heights of mowing treatments, and *Mowing* – corresponding to until ten days after mowing or "no mowing". The overall models (both factors and its interaction) were compared to additive models, only treatment models and only mowing models. The response variables were tested separately for three bird abundances (Southern Lapwing, Southern Crested Caracara, and the collective data of others local hazardous species). The best models were selected by variation of Akaike's Information Criterion measures ( $\Delta AIC < 2,0$ ). Other hazardous bird species included the Roadside Hawk (*Rupornis magnirostris*), the Sparrow Hawk (*Falco sparverius*), the Black Vulture (*Coragyps atratus*), the Whistling Heron (*Syrigma sibilatrix*), the Buff-necked Ibis (*Theristicus caudatus*), doves and pigeons (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas picazuro*) and the White-browed Blackbird (*Sturnella superciliaris*).

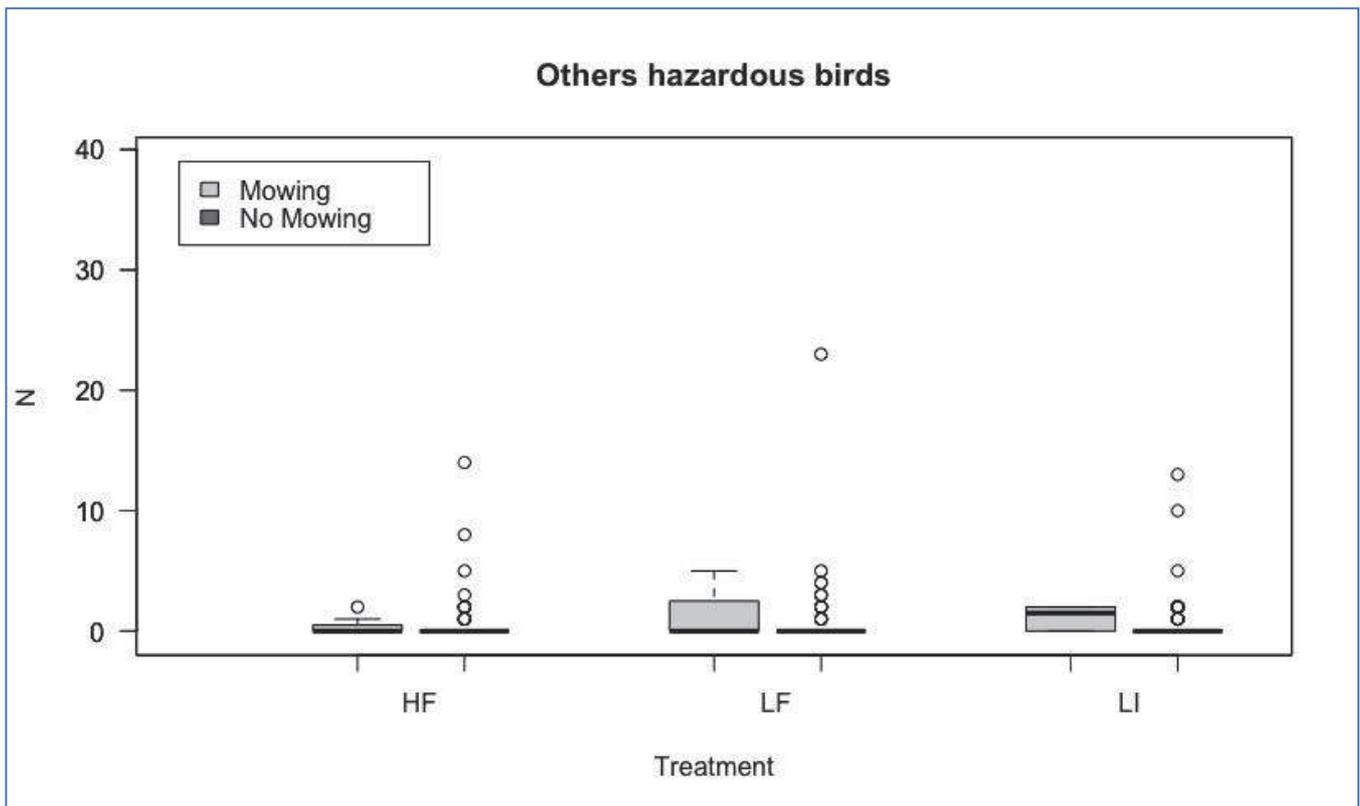
Southern Lapwing abundance varied among the distinct grass height treatments, and, as it was predicted, the HF treatment had lower Lapwing abundances. The highest number of individuals was recorded in LI treatment, following by LF (Table 2). Likewise, the Lapwing abundance in "mowing" was greater than during "no mowing", indicating that this activity significantly increases the numbers of individuals. Mowing seems to affect abundances on each grass height treatment differently. For the HF treatment, the Lapwing average did not show a large variation before and after the mowing activities. Lapwing abundance showed larger variations in treatments LI and LF, mostly during "mowing" (Figure 3). We also observed differences among the number of individuals of Caracara among the three treatments (Figure 4). The treatment LF was significantly higher than the other treatments, suggesting the former one is more attractive to Caracaras. Equally, Caracara abundance during "mowing" is greater than during "no mowing" periods, but such differences were more pronounced in the LF treatment (Table 2). For other local hazardous species, we also detected differences in bird abundances among the three grass height treatments (Figure 5). Once again, the abundances were highest in LF treatment, compared to LI and HF ones (Table 2). But we did not observe variation in the abundance of other hazardous bird species related to the grass mowing effect. These results suggest that the grass height treatment is an important attractant for other hazardous bird species, irrespective of the presence or absence of the mowing effect. The lack of variation in the abundances of other hazardous bird species compared to the variation observed for Lapwings and Caracaras related to "mowing" indicate that this activity does not affect others hazardous species on the same scale as the afore mentioned species.



**Figure 3:** Boxplot of the Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*) abundances per treatment: HF (High-Frequent) = 30-50cm, LF (Low-Frequent) = 5-30cm, LI (Low-Infrequent) = 5-50cm. Dark bars indicate "mowing" activities, light grey bars indicate "no mowing" activities.



**Figure 4:** Boxplot of the Southern Crested Caracara (*Caracara plancus*) abundances per treatment: HF (High-Frequent) = 30-50cm, LF (Low-Frequent) = 5-30cm, LI (Low-Infrequent) = 5-50cm. Dark bars indicate “mowing” activities, light grey bars indicate “no mowing” activities.



**Figure 5:** Boxplot of the others hazardous bird species abundances per treatment: HF (High-Frequent) = 30-50cm, LF (Low-Frequent) = 5-30cm, LI (Low-Infrequent) = 5-50cm. Dark bars indicate “mowing” activities, light grey bars indicate “no mowing” activities. Other hazardous bird species (Roadside Hawk (*Rupornis magnirostris*), Sparrow Hawk (*Falco sparverius*), Black Vulture (*Coragyps atratus*), Whistling Heron (*Syrigma sibilatrix*), Buff-necked Ibis (*Theristicus caudatus*), doves and pigeons (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas picazuro*) and White-browed Blackbird (*Sturnella superciliaris*)).

<b>Quero-Quero (<i>Vanellus chilensis</i>)</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte</b>	<b>Sem Corte</b>	<b>Total</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	7.8 ± 14.7	1.3 ± 2.1	<b>2.0 ± 5.3</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	3.8 ± 4.7	1.0 ± 2.6	<b>1.3 ± 3.0</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.6 ± 1.0	0.7 ± 1.7	<b>0.7 ± 1.7</b>
<b>Total</b>	<b>4.4 ± 9.3</b>	<b>1.0 ± 2.2</b>	<b>1.3 ± 3.6</b>
<b>Carcará (<i>Caracara plancus</i>)</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte</b>	<b>Sem Corte</b>	<b>Total</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	0.8 ± 1.9	0.2 ± 1.3	<b>0.3 ± 1.4</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	3.7 ± 10.0	0.1 ± 0.4	<b>0.5 ± 3.5</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.4	<b>0.1 ± 0.4</b>
<b>Total</b>	<b>1.8 ± 6.6</b>	<b>0.2 ± 0.8</b>	<b>0.3 ± 2.2</b>
<b>Outras espécies de aves perigosas</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte (SD)</b>	<b>Sem Corte (SD)</b>	<b>Total (SD)</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	1.1 ± 1.0	0.6 ± 1.9	<b>0.7 ± 1.8</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	1.2 ± 1.9	0.7 ± 2.6	<b>0.8 ± 2.5</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.4 ± 0.8	0.5 ± 1.8	<b>0.5 ± 1.7</b>
<b>Total</b>	<b>1.0 ± 1.4</b>	<b>0.6 ± 2.1</b>	<b>0.6 ± 2.0</b>

**Table 2.** Estimates of averages and standard deviation of numbers of individuals from the following species: Southern Lapwings (*Vanellus chilensis*), Southern Crested Caracara (*Caracara plancus*) and other hazardous bird species, (Roadside Hawk (*Rupornis magnirostris*), Sparrow Hawk (*Falco sparverius*), Black Vulture (*Coragyps atratus*), Whistling Heron (*Syrigma sibilatrix*), Buff-necked Ibis (*Theristicus caudatus*), doves and pigeons (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas picazuro*) and White-browed Blackbird (*Sturnella superciliaris*)).

#### 4 DISCUSSION

Our main results can be concisely summed up in three main conclusions: 1) the maximum grass height directly influences bird abundances at SBBR, and our empiric study demonstrates that; 2) the “mowing” periods pose a greater risk in relation to birdstrike on airfields, and 3) the larger variations of bird abundances observed in the LF treatment indicates that if grass is mowed at a lower height, they can be even more attractive during mowing activities. Therefore, our results partially corroborate our predictions that cutting the grass closer to the ground, or more frequently, should be related to greater bird abundances. But in some cases, the not so frequent mowing regime can be more attractive to hazardous birds, indicating that the grass height had a more pronounced effect than mowing frequency on bird abundances. Consequently, it is better to manage taller grass more often than to manage shorter grass less often.

Our study presents quantitative bird responses to airport grassland management which indicates that the mowing/height regime directly influences bird abundances, especially Lapwings and Caracaras. According to the results for Southern Lapwing, greater abundances were observed in LI and LF treatments compared to HF ones, indicating that taller grass can be a successful management strategy for this species. Lapwings are considered tough to manage since trapping and driving them off is usually very difficult. This species is plentiful and distributed all over Brazil, with grassland management being perhaps the simplest and most efficient way to control these birds. Some studies suggest the preferential use of short grassland areas rather than tall grasslands by different components of the avian community on South American airports (Marateo et al. 2015). Fewer Lapwings were registered in tall grass heights (35cm) and there was an inverse, although weak, correlation identified between the number of Lapwings and grass height at *Lauro Carneiro de Loyola* Airport, in the city of Joinville, Santa Catarina, in the southern region of Brazil (Friedrick 2013). Various studies from all over the world have already evaluated the influence of grass height on the abundance of birds (Brough & Bridgeman 1980; Buckley & McCarthy 1994, Devereux et al. 2004, Linnel et al. 2009) but, despite a lack of a linear correlation of bird abundance and grass height, our empiric study demonstrates a cause and effect relationship where different mowing patterns determine the quantities of highest risk bird species on airfield. When the grass is

mowed at a height closer to the ground, their attractive potential increases for hazardous birds, especially during the first 10 days after the mowing event.

Birds often follow farm equipment involved in haying or plowing to feed on exposed insects and small vertebrates (Seamans *et al.* 2007). The same behaviour occurs on airfields where it is common to observe high concentrations of bird species exploiting the invertebrate prey items that are exposed during and after the mowing of the grass (Washburn & Seamans 2004). A study conducted on North-American airfields demonstrated that grasshopper detections by crows was significantly higher in short-cut grass than in grass left at intermediate lengths (15 to 30 cm) (Kennedy & Otter 2015). An invertebrate inventory conducted in Brazilian airfields identified a large dominance of ants and grasshoppers in grass strips surrounding the runways in SBBR (Ferreira *et al.* 2015). It was also demonstrated that Southern Caracara had high feeding preference to grasshoppers (100% presence in seven dissected stomachs).

All this evidence allows us to infer that, in short-cut grass circumstances, the mowing period represents the highest risk to aviation safety in airfields. The large abundance variation observed in the lower and infrequent treatment draws our attention because it may be influencing how birds are attracted to airfields. The accumulated biomass from the LF regime could make these areas more attractive. The taller vegetation can provide shelters and harbour rodents, snakes, lizards, insects and small birds, which become exposed during mowing activities, subsequently attracting other hazardous species such as falcons and owls (Barras *et al.* 2000).

According to the grass survey the dominance of Signalgrass in both runways, considered one of the most invasive species in Brazil, was expected due to its reproductive characteristic and its settlement and dispersal capability (Lorenzi 2000). These characteristics also make this species ideal for seed production, and shelter for animals and insects. And so, the mowing activities must be considered when developing a wildlife risk management program aimed at reducing birdstrike. The establishment of a taller grass regime can be useful in reducing the birdstrike risk, but other alternatives can also be employed, e.g. falconry or dog harassment. In addition, nocturnal mowing, the management of insect and other arthropods with the use of pesticides, and rapid thatch removal are other strategies that can be implemented to reduce bird activity after mowing (Deacon & Rochard 2000; ICAO 2012; Ferreira *et al.* 2015).

Tall grass (>30 cm) is effective in dissuading bird presence at SBBR, particularly in relation to two of the most hazardous species, Southern Lapwings and Southern-Crested Caracaras. Other studies in South American airports suggest that maintaining grass height over 30cm might be a cheap and effective strategy to reduce abundances of hazardous species (Friedrick 2013, Marateo *et al.* 2015). Our data showed how effective this strategy is; therefore, we recommend other tropical airports to test the effectiveness of a higher grass height (>30cm) as part of their wildlife management programs.

An airport manager must always consider that there is no universal formula for ideal grass height and there are no consensual recommendations for grass height management for local airport authorities (CAA 2013, ICAO 2012, Washburn & Seamans 2013), due to conflicting results on whether tall grass management regimens reduce bird activity or not (Brough & Bridgman 1980, Buckley & McCarthy 1994, Seamans *et al.* 1999, Barras *et al.* 2000). Therefore, optimum grass management strategies require further research and may be site-specific (Barras & Seamans 2002). The management strategies for specific airports should be congruent with their high-risk species (Mackinnon *et al.* 2004), as each site supports a certain suite of bird species that can benefit from different grass height profiles (Luigi 2006). For example, airport operators may need to decide whether small, non-flocking species that are attracted to tall grass can be tolerated in order to improve the management of hazardous high-risk species that prefer short grass. To minimize the effect of possible colonisations of risk species, bird census and inspections of long grass must be continued (Brough & Bridgeman 1980) as well as responsive strategies to harass potential grouping of birds attracted by the tall grass.

When considering vegetation management options on airports, airport managers should focus on plant species, grass height, and plant density to minimize the attractiveness of the airport to most hazardous wildlife species. Specific grass types can reduce foraging success within sites for many bird species (Linnell *et al.* 2009). Therefore, some suggested measures to mitigate this risk may include the use of slow growth grasses, and the use of grasses with low seed production and nutritional value for birds. Soil and land cover characteristics must also be considered since not all fields are appropriate for this sort of ground cover. Recent advances with the use of endophyte-infected grasses in airports, has shown progress in deterring birds species that feed on these plants (Pennell & Rolston 2010); nevertheless, these plant species seem to be only effective in temperate climates, not suitable for most airports in Brazil.

Any management strategy adopted by airports and airfields must be coupled with bird and vegetation monitoring programs, and regular risk assessments to make sure that other problems do not arise with eventual species substitution and habitat modification (Blackwell *et al.* 2013). Managing vegetation to mitigate the birdstrike risk is just one of the integrated components, and good birdstrike management programs are multi-faceted, requiring the participation of not just the airport operator, but other industry stakeholders such as airlines, regulators, municipalities, and government from federal, state and local levels (Patrick & Shaw 2012).

## 5 CONCLUSION

Our results confirm that tall grass (>30cm) is effective in reducing abundance of high risk species at SBBR and that the mowing regime can affect bird abundances, but how this regime affects birds varies according to the species. Overall, the mowing effect presents a higher risk to airports since animals are often more attracted to airfield grass strips during and right after this event. The higher the discrepancy between maximum height before mowing and height after mowing can greatly influence bird activity. The predominant grass species also affects bird presence due to its biological and reproductive characteristics. Therefore, according to our results, a more efficient grass management strategy would include the adoption of taller grass, with a more frequent mowing regime in order to reduce the amount of accumulated biomass and prey exposure.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the convention between the Brazilian Airport Infrastructure Company (INFRAERO) and the Support Centre of Technological Development of the University of Brasilia (CDT-UNB), which created the Brazilian Airports Wildlife Program (*Programa Fauna nos Aeroportos Brasileiros*), and made this research possible. We would also like to thank the Operational Security Management System (SGSO) of the airport, and its managers – *Manoel Neto* and *Regianne Aquino*; and the Regional Environmental Sector (MECO) and all its members, especially *Angela Mouro* and *Luis Nunes*. Also, we would like to thank the National Coordination of the Brazilian Airports Wildlife Program, as well as INFRAERO'S National Environmental Sector for their support, revision and constructive criticism. We would also like to thank Lt Col Rubens and Kylie Patrick for important comments on the original manuscript and the reviewers for their valuable input. Opinions expressed in this study do not necessarily reflect current policies of the Brazilian National Civil Aviation Agency (ANAC) governing the control of wildlife on or near airports.

## REFERENCES

- ALLAN, J. R. The costs of bird strikes and bird strike prevention. In: HUMAN CONFLICTS WITH WILDLIFE: ECONOMIC CONSIDERATIONS, PROCEEDINGS OF THE 3RD NWRC SPECIAL SYMPOSIUM, 2002, Fort Collins, USA.
- ALLAN, J. A heuristic risk assessment technique for birdstrike management at airports. **Risk Analysis.**, v. 26, p. 723-729. 2006.
- BARRAS, S. C. et al. Bird and small mammal use of mowed and unmowed vegetation at John F. Kennedy international airport, 1998 to 1999. In: PROCEEDINGS OF THE VERTEBRATE PEST CONFERENCE. 2000. p. 31-36
- BARRAS, S. C.; SEAMANS, T. W. Habitat management approaches for reducing wildlife use of airfields. In: PROCEEDINGS OF THE VERTEBRATE PEST CONFERENCE. 2002. p. 309-315.
- BIBBY, C.; JONES. M.; MARSDEN. S. **Expedition Field Techniques: bird surveys**. 1. ed. Cambridge: BirdLife International, 2000. 137p.
- BLACKWELL, B. F.; SEAMANS, T. W.; DOLBEER, R. A. Plant growth regulator (Stronghold®) enhances repellency of anthraquinone formulation (Flight Control®) to Canada geese. **Journal of Wildlife Management.**, v. 63, p. 1336-1343. 1999.
- BLACKWELL, B. F. et al. A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities. **Ibis.**, v. 155, p. 189-193. 2013.
- BROUGH, T.; BRIDGMAN, C. J. An Evaluation of Long Grass as a Bird Deterrent on British Airfields. **Journal of Applied Ecology.**, v. 17, p. 243-253. 1980.
- BUCKLEY, P. A.; MCCARTHY, M. G. Insects, vegetation, and the control of laughing gulls (*Larus atricilla*) at Kennedy International Airport, New York City. **Journal of Applied Ecology.**, v. 31, p. 291-302. 1994.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica.**, v. 8, p. 40-55. 2015.
- CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **CAP 772: aerodrome wildlife strike hazard management and reduction**. United Kingdom, 2013. 94 p.
- CLEARY, E. C.; DOLBEER, R. A. **Wildlife Hazard Management at Airports: a manual for airport personnel**. 2. ed. Washington, D.C: USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications, 2005. 248 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 466: estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e autorização do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos e dá outras providências**. Brazil, 2015. 2p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=711>> Acesso em: jul. 2016.
- CONQUEST, L. L. Analysis and Interpretation of Ecological Field Data Using BACI. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics.**, v. 5, p. 293-296. 2000.
- DEACON, N.; ROCHARD, B. Fifty years of Airfield Grass Management in the UK. In: PROCEEDINGS OF THE 25<sup>TH</sup> MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 2000, Amsterdam, Netherlands.

- DEKKER, A. Poor long grass. In: PROCEEDINGS OF THE 25<sup>TH</sup> MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 2000, Amsterdam, Netherlands.
- DEFUSCO, R. et al. North American Bird Strike Advisory System: Strategic Plan. US BIRD STRIKE COMMITTEE – USA/CANADA 7<sup>TH</sup> ANNUAL MEETING, 2005, Vancouver, Canada.
- DEVAULT, T. L. et al. Interspecific Variation in Wildlife Hazards to Aircraft: Implications for Airport Wildlife Management. **Wildlife Society Bulletin.**, v. 35, p. 394-402. 2011.
- DEVAULT, T. L. et al. Airports Offer Unrealized Potential for Alternative Energy Production. **Environmental Management.**, v. 49, p. 517-522. 2012.
- DEVEREUX, C. L. et al. The effect of sward height and drainage on Common Starlings *Sturnus vulgaris* and Northern Lapwings *Vanellus vanellus* foraging in grassland habitats. **Ibis.**, v. 146, p. 115-122. 2004.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory Circular 150/5200-33B**. Hazardous wildlife attractants on or near airports. U.S. Department of Transportation. Washington, D. C., USA. 2007.
- 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, p. 564-572. 2015.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION (FSF). **Operator's flight safety handbook**. Virginia, EUA. 2002. 180p.
- FRIEDRICH, F. **Manejo de Vegetação como Estratégia para a Redução da Incidência do Quero-Quero (*Vanellus chilensis*) em ambiente aeroportuário**. 2013. Dissertação de mestrado – Universidade da Região Joinville, Joinville, 2013.
- INTERNATIONAL BIRDSTRIKE COMMITTEE (IBSC) **Recommended Practices No. 1: Standards for Aerodrome Bird/Wildlife Control**. Disponível em: <[http://www.int-birdstrike.org/Best\\_Practice.htm](http://www.int-birdstrike.org/Best_Practice.htm)>. Acesso em out. 2012
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO) **Doc. 9137: Airport Services Manual, Part 3 — Wildlife Control and Reduction**. Ed. 4. Montreal, Quebec, Canada. 2012. 56p.
- KENNEDY, L. A.; OTTER, K. A. Grass management regimes affect grass-hopper availability and subsequently American crow activity at airports. **Human–Wildlife Interactions.**, v. 9, p. 58-66. 2015.
- LINNELL, M. A.; CONOVER, M. R.; OHASHI, T. J.; Using wedelia as ground cover on tropical airports to reduce bird activity. **Human–Wildlife Conflicts.**, v. 3, p. 226-236. 2009.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum. 2000. 608 p.
- LUIGI, G. **Manual de Controle do Perigo Aviário para Aeroportos da Rede Infraero**. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2006. 213 p.
- MACKINNON, B.; SOWDEN, R.; DUDLEY, S. **Sharing the Skies: An Aviation Industry Guide to the Management of Wildlife Hazards**. Ottawa, Canada: Transport Canada, 2004. 270 p.
- MANLY, B. F. J. **Statistics for Environmental Science and Management**. 2. ed. United States: Chapman & Hall/CRC. 2008. 336 p.
- MARATEO, G. et al. Habitat use by birds in airports: A case study and its implications for bird management in South American airports. **Applied Ecology and Environmental Research.**, v. 13, p. 799-808. 2015.
- MCDONALD, T. L.; ERICKSON, W. P.; MCDONALD, L. L. Analysis of Count Data from Before – After - Control – Impact Studies. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics.**, v. 5, p. 262-279. 2000.
- MEAD, H.; CARTER, A. W. The management of long grass as a bird repellent on airfields. **Grass and Forage Science.**, v. 28, p. 219–222. 1973.
- MONTALVO, C. I. et al. Bone damage patterns found in the avian prey remains of crested caracara *Caracara plancus* (Aves, Falconiformes). **Journal of Archaeological Science.**, v. 38, p. 3541-3548. 2011.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. O perigo aviário em aeroportos do nordeste do Brasil: Análise das colisões entre aves e aviões de 1985 e 2009. **Revista Conexão SIPAER.**, v. 1, p. 47-68. 2010.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. Relação entre resíduo sólido urbano e urubus-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*): um perigo para as aeronaves no aeroporto de ilhéus (SBIL). **Revista Conexão SIPAER.**, v. 5, p. 22-29. 2014.
- PATRICK, K.; SHAW, P. Bird strike hazard management programs at airports: what works? In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA DE VOO DO INSTITUTO DE PESQUISAS E ENSAIOS EM VOO, 5., 2012, São José dos Campos.
- PENNELL, C.; ROLSTON, P. The potential of specialty endophyte-infected grasses for the aviation industry. MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 29., 2010, Cairns, Australia.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 1998. p. 89-166.
- SARACURA, V. **Estratégias reprodutivas e investimento parental em quero-quero**. 2003. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

- SEAMANS, T. W. et al. Does tall grass reduce bird numbers on airports? Results of pen test with Canada Geese and field trials at two airports, 1998. BIRD STRIKE COMMITTEE-USA/CANADA, FIRST JOINT ANNUAL MEETING, 1999, Vancouver, Canada.
- SEAMANS, T. W. et al. Comparison of two vegetation-height management practices for wildlife control at airports. **Human-Wildlife Conflict.**, v. 1, p. 97–105. 2007.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1997. 862 p.
- SODHI, N. S. Competition in the air: Birds versus aircraft. **The Auk.**, v. 119, p. 587–595. 2002.
- THORPE, J. Conflict of Wings: Birds Versus Aircraft. In: Angelici, F. **Problematic Wildlife: A Cross-Disciplinary Approach**. 1. ed. Switzerland: Springer, 2016. p. 443-464.
- WASHBURN, B. E.; SEAMANS, T. W. Management of Vegetation to Reduce Wildlife Hazards at Airports. FAA WORLDWIDE AIRPORT TECHNOLOGY TRANSFER CONFERENCE, 2005, Nova Jersey, USA.
- WASHBURN, B. E.; SEAMANS, T. W. Managing turfgrass to reduce wildlife hazards at airports. In: DeVault, T. L.; Blackwell, B. F.; Belant, J. L. **Wildlife in Airport Environments: Preventing Animal-Aircraft Collisions through Science-Based Management**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013. p. 105-114.
- WHITE, G. C.; BURNHAM, P. K. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. **Bird Study.**, v. 46, p.120-138. 1999.
- ZUUR, A. F. et al. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R**. New York: Springer-Verlag. 2009. 574 p.

---

# Avaliação de Diferentes Alturas de Grama para Controle de Aves em um Aeroporto Brasileiro

Tarcísio Lyra dos Santos Abreu <sup>1</sup>, Nárjara Veras Grossmann, Marina Motta De Carvalho, Daniel Marques Alves Velho, Vitor Cesar de Campos, Camila de Mesquita Lopes

1 [tarcisioabreu@hotmail.com](mailto:tarcisioabreu@hotmail.com)

**RESUMO:** A gestão da altura de grama é uma ferramenta importante como estratégia de prevenção contra riscos de fauna em aeroportos. Alturas diferentes e a composição de espécies da vegetação podem atrair um grupo variado de espécies, de maior ou menor risco, para este tipo de ambiente. Portanto, o objetivo deste estudo inclui a caracterização das espécies que compõem a cobertura vegetal do Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek e comparar a atividade de aves potencialmente perigosas em três padrões de gestão de grama na área operacional de um aeródromo brasileiro. Testamos três alturas e tratamentos de roçagem: HF (grama alta e alta frequência de roçagem), LI (grama baixa e roçagem não frequente) e LF (grama baixa e roçagem frequente). Todas as análises foram feitas separadamente para espécies de aves que apresentaram o maior risco em potencial: o Quero-quero *Vanellus chilensis*, o Carcará *Caracara plancus*, e os dados coletivos de outras espécies de risco. A abundância de espécies de aves foi comparada utilizando GLMM na base de dois fatores: (1) tratamento de altura de grama e (2) com a roçagem/ sem roçagem. Nossos resultados confirmaram que a altura de grama acima de 30 cm é eficiente em desencorajar a presença de aves de risco em aeródromos brasileiros. Apesar do fato que as estratégias de manejo de altura de grama devem ser estabelecidas de acordo com as características locais, de forma geral aeroportos tropicais podem se beneficiar deste resultado e testar se essa altura é apropriada para o manejo de suas espécies de risco. Mesmo assim, para o manejo da grama funcionar de maneira eficiente em ambientes de aeroporto esta estratégia deve ser completamente integrada nas operações do aeroporto e nas atividades de planejamento.

**Palavras Chave:** Manejo de fauna. Altura de grama. Colisão com fauna, *Vanellus chilensis*. *Caracara plancus*.

## Evaluation of Different Grass Height Management Patterns for Bird Control in a Tropical Airport

**ABSTRACT:** Grass height management is an important tool as a wildlife hazard prevention strategy on airports. Different grass heights, mowing regimes, and grass species composition can attract varied groups of species representing different levels of risk for this kind of environment. Therefore, the goal of this study was to characterize the species that make up the grass cover of the *Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek* and compare potentially hazardous bird activities within three grass management patterns in operation areas of a Brazilian aerodrome. We tested three grass heights and mowing treatments: HF (Tall grass and high frequency mowing), LI (Low grass and infrequent mowing) and LF (low grass and frequent mowing). All analyses were done separately for the species presenting the greatest potential hazard: Southern Lapwing *Vanellus chilensis*, Southern Crested Caracara (*Caracara plancus*), and the collective data of other hazardous bird species. Bird species abundance was compared by GLMM based on two factors: (1) grass height treatment, and (2) mowing/no mowing activities. Our results confirm that grass height at >30 cm is effective to deter the presence of some species of hazardous birds on this airfield. Grass height management strategies should be investigated and conducted at different sites, however, tropical airports can benefit from the results of this study and test whether this height is also appropriate for local species risk management. Nevertheless, for grass management to effectively work in airport settings, this strategy must be fully integrated into airport operations and planning activities.

**Key words:** Wildlife management. Long grass policy. Birdstrike. *Vanellus chilensis*. *Caracara plancus*.

**Citação:** Abreu, TLS, Grossmann, NV, Carvalho, MM, Velho, DMA, Campos, VC, Lopes, CM. (2017) Avaliação de Diferentes Alturas de Grama para Controle de Aves em um Aeroporto Brasileiro. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 80-91.

### 1 INTRODUÇÃO

À medida que a atividade da aviação civil cresce em todo o mundo, as colisões entre aeronaves e fauna tornam-se questões de segurança e financeiras para a indústria da aviação. Ainda que as colisões com aves ocorram a uma baixa taxa de incidência (uma em cada 2000 voos), o risco de perda de vidas humanas ainda está presente (Thorpe 2016). Além desse risco, as perdas financeiras diretas (isto é, custo de reparos de danos, cancelamentos de voos, etc.) e indiretas (isto é, perda de negócios de clientes e redirecionamento de passageiros) podem ocorrer também. Na maioria dos casos, os custos indiretos ultrapassam os custos diretos (Flight Safety Foundation 2002). Estima-se que as colisões com fauna custem à indústria global de aviação civil cerca de

US \$ 1.2 bilhão por ano, mas esse valor é considerado conservador porque uma grande proporção dos dados sobre as companhias aéreas não se encontra facilmente disponível (Allan, 2002).

O aumento de algumas populações de aves em áreas urbanas, bem como a utilização de turbinas a jato mais rápidas e silenciosas, menos perceptíveis pelas aves, tem aumentado o risco de colisões, causando uma preocupação crescente entre as autoridades aeronáuticas (Sodhi, 2002). A qualidade dos dados de colisões com fauna também pode ter melhorado em muitos países, particularmente nos casos em que a notificação se tornou obrigatória, portanto, aumentando os números de dessas colisões com o tempo (Mackinnon et al., 2004, FAA 2007, CAA 2013).

Para reduzir o risco e as consequências associadas às colisões com aves, os aeroportos devem implementar programas de monitoramento e manejo da fauna (IBSC 2006, ICAO 2012). O gerenciamento do risco da fauna nos aeroportos deve consistir numa série de medidas concentradas na redução de tais colisões. Essas medidas incluem estratégias como repelentes de aves e controle direto de espécies por meio de técnicas de captura e remoção. No entanto, o método mais eficaz a longo prazo para diminuir o número de aves em aeródromos é modificar o habitat para torná-lo desinteressante para a fauna (Brough & Bridgeman, 1980; Buckley & McCarthy 1994, Novaes & Alvarez, 2014).

O manejo do habitat oferece uma técnica não letal para reduzir a presença de fauna em aeroportos e, em geral, visa remover ou gerenciar agentes de atração associados a alimentos, água e abrigo. O tipo de vegetação do aeródromo tem um impacto direto sobre a composição da fauna local, fornecendo tanto alimento quanto áreas de nidificação, especialmente para aves (Barras & Seamans, 2002, Washburn & Seamans 2004; Linnel et al. 2009, Blackwell et al. 2013). O ambiente do aeródromo também pode ser atraente para muitos grupos de animais, devido à disponibilidade de recursos de forragem e de água, abrigo e locais de reprodução (Washburn & Seamans 2004, DeVault et al 2011). Em áreas altamente urbanizadas, os aeródromos podem oferecer grandes áreas de habitat com pastagem e, portanto, podem ser particularmente atraentes para aves perigosas que usam essas áreas abertas (DeVault et al., 2012, Washburn & Seamans, 2013).

O manejo da vegetação é um método eficiente para reduzir a presença de aves nos habitats aeroportuários, em particular o manejo da altura da vegetação e o regime de corte associado, a modificação e seleção da composição das espécies vegetais, e a remoção de árvores e arbustos (Dekker 2000, Brought & Bridgman 1980, Mead & Carter 1973). Embora as agências oficiais de segurança da aviação reconheçam que o manejo da vegetação pode ser eficaz para reduzir a presença de aves nos aeroportos (Mackinnon et al. 2004, De Fusco e outros. 2005 IBSC 2006, FAA 2007, ICAO 2012, CAA 2013), não existe consenso acerca das recomendações específicas relativas a decisões sobre o manejo por parte da autoridade aeroportuária local (Blackwell et al. 1999; Seamans et al. 1999, Cleary and Dolbeer 2005, Blackwell et al. 2013, Washburn & Seamans 2013). Em geral, a grama mais alta pode interferir com a detecção de predadores, visibilidade, capacidade de alimentação e movimentação no solo de algumas espécies de aves. No entanto, essa estratégia de manejo também pode aumentar a cobertura e os recursos alimentares para outras espécies potencialmente perigosas (Washburn & Seamans, 2013). Mesmo após discussões substanciais nos últimos 50 anos sobre a importância das técnicas de manejo de gramíneas, poucos estudos avaliaram a efetividade de técnicas de manejo integrado sobre abundância de aves (Deacon & Rochard 2000, Seamans et al., 2007). Está bem documentado que a monitoração contínua é crucial para se determinar a eficácia das técnicas de redução dos riscos da fauna, e as técnicas de manejo das áreas verdes não são exceção (Washburn & Seamans, 2013).

As estratégias de manejo espécie específicas da fauna tendem a ser as mais efetivas (Barras & Seamans 2002), mas a falta de estudos de manejo para espécies locais em aeroportos tropicais é particularmente observável (Linnel et al 2009, Novaes & Alvarez 2010). De acordo com a base de dados de colisões com fauna gerenciada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), 25,3% das colisões onde a espécie foi identificada envolveram o Quero-Quero (*Vanellus chilensis*) e 8,4% foram classificadas como colisão com Carcarás (*Caracara plancus*). Um padrão semelhante foi observado nos registros de colisões com fauna no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek (SBBR). De janeiro de 2000 a novembro de 2012, 461 colisões foram relatadas em SBBR, em que 86 (19,3%) foram causadas por Quero-Quero, e 58 (13%) por Carcarás. Essas espécies são conhecidas por seus comportamentos de alto risco, especialmente seus comportamentos territoriais, de nidificação, gregários e de forrageamento em grama curta (Marateo et al., 2015). O Quero-Quero tende a forragear e aninhar na vegetação rasteira (Saracura 2003). O Carcará tem se adaptado bem aos ambientes urbanos, consumindo o alimento disponível em forma de carniça, lixo, frutas, insetos, e vertebrados pequenos (Sick 1997, Montalvo et al., 2011).

Este artigo relata os efeitos dos padrões de manejo de grama de uma pista de aeródromo sobre as frequências de aves potencialmente perigosas. Avaliamos qual altura de grama é menos atrativa para as espécies de aves, em dois cenários diferentes: sem corte, e até 10 dias após um evento de corte. Testamos se a altura e a frequência de corte afetaram a abundância de aves. A previsão testada foi que as áreas cobertas de grama cortada frequentemente a baixa altura são mais atrativas para espécies perigosas. Também previmos que os primeiros dez dias após o corte também deveriam corresponder a maior abundância de aves. Nossos resultados fornecem ideias que visam ajudar outras autoridades aeroportuárias a desenvolverem sua própria estratégia de manejo de gramíneas.

## 2 MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

Este estudo foi realizado no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek (SBBR), a 15°52'09" S 047°55'15" W em Brasília - DF, Brasil. A área do aeroporto é composta por 11.200 ha, dos quais 1.716 ha estão sob uso militar, e suporta duas pistas principais, dois terminais de passageiros, um terminal de carga, vários hangares e postos de gasolina. Zonas urbanas

e extensas áreas naturais fazem fronteira com o aeródromo. O aeroporto está situado dentro de uma Área de Proteção Ambiental conhecida como Gama e Cabeça de Veado. Os tipos de vegetação do Cerrado (conforme descrito por Ribeiro e Walter 1998), como campos limpos, campos úmidos e Cerrado típico (localmente conhecido como "cerrado stricto sensu") são adjacentes à Área de Operação do Aeroporto. Estas áreas podem fornecer recursos amplos para a fauna, incentivando a alta atividade de animais domésticos e selvagens em estreita proximidade com o aeroporto. O Cerrado é uma savana tropical com duas estações climáticas bem definidas, uma seca e fria (com precipitação média de 116mm) e outra quente e seca (com uma média de 1383mm de chuva) (Cardoso, et al, 2015).

## 2.2 Altura da Grama / Tratamento de Corte

Realizamos uma pesquisa em julho de 2012 para identificar as espécies de gramíneas e suas abundâncias no aeródromo de SBBR. Amostras de gramíneas foram coletadas durante 7 dias não consecutivos em áreas adjacentes à pista 11R-29L. Pequenos quadrados de amostragem medindo 20x20cm foram lançados aleatoriamente em quadrantes preestabelecidos. Estes quadrantes foram estabelecidos de acordo com as pistas, onde cada pista foi dividida em oito quadrantes igualmente espaçados. Percorremos então um padrão em zigue-zague dentro do quadrante lançando um quadrado a cada 10m. Todos os indivíduos foram contados e identificados dentro do quadrado de amostragem.

Para a experiência altura/corte, foram determinadas seis áreas experimentais localizadas em áreas gramadas adjacentes à pista 11R (Figura 1). Cada área experimental media 100 m por 100 m de largura, espaçada a 20 metros uma da outra. Em geral, a área experimental ocupava 6 ha da área operacional de 32 ha do aeroporto. Três tratamentos de altura de relva foram testados com valores mínimos após o corte e valores máximos antes do corte. Como este estudo pretendia avaliar o efeito do corte, nosso projeto experimental centrou-se na frequência de corte, em diferentes faixas entre as alturas mínima e máxima, não apenas nos diferentes tratamentos de altura. Os tratamentos experimentais foram: Baixo e Frequente (LF) de 5cm a 30cm, Alto e Frequente (HF) de 30cm a 50cm e Baixo e Infrequente (LI) de 5cm a 50cm. Cada tratamento tinha duas áreas replicadas. Portanto, os tratamentos de LF e HF eram cortadas com mais frequência em comparação com LI, ao passo que os tratamentos LF e LI mantinham uma altura de grama mais curta em comparação com o tratamento HF. As alturas da grama foram medidas aleatoriamente durante as inspeções de aves. Os resultados dessas medições determinavam quando a grama necessitava ser cortada (isto é, quando excedia a altura máxima designada para a respectiva área), sendo a grama cortada na altura mínima recomendada para cada tratamento. As observações feitas até dez dias após o corte eram classificadas como de "corte". Após esse período, eram reclassificados para o seu estado de pré-corte - "sem corte".

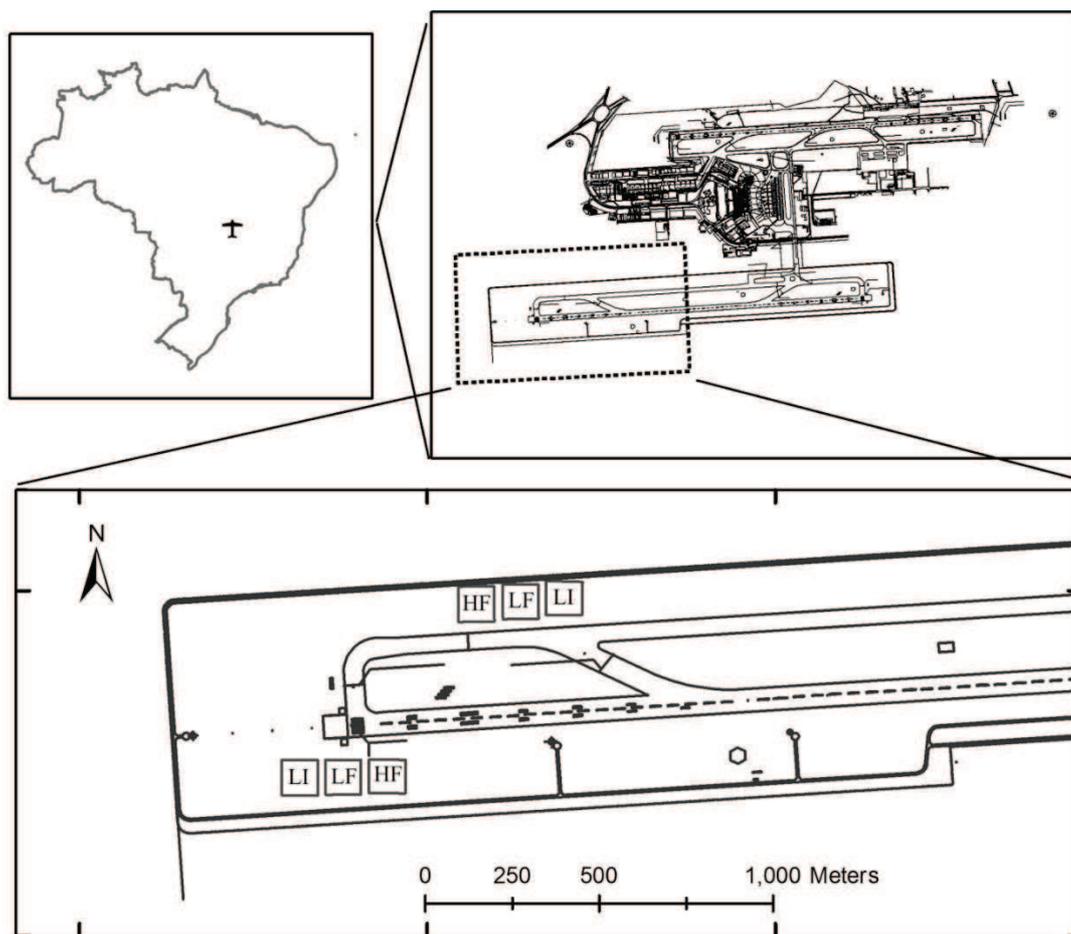


Figura 1: Mapa das seis áreas experimentais na pista de pouso 11R-29L no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, Brasília-DF, Brasil (15°52'09" S, 47°55'15" W).

### 2.3 Inspecções das Aves

Utilizamos o método de contagem de pontos durante 5 min para estimar a abundância de aves por espécie em cada área (Bibby *et al.* 2000). Essas inspeções eram realizadas uma ou duas vezes por semana, durante o período de estudo do tratamento de altura/corte, de 14 de outubro de 2011 a 23 de maio de 2012, nas seis áreas, entre 06:00 e 20:00 horas. Tentamos variar o tempo do recenseamento, a fim de evitar vieses sazonais ou circadianos na atividade das aves. As inspeções registraram todas as espécies de aves usando cada área. Para determinar o potencial de perigo aviário, classificamos as espécies locais de acordo com uma classificação heurística (Allan 2006) e também uma matriz brasileira de risco (CONAMA 2015), com base nas classificações locais de frequência e gravidade (De Vault *et al.* 2011). Foram realizadas análises separadas para as duas espécies de maior risco, o Quero-Quero (*Vanellus chilensis*) e o Carcará (*Caracara plancus*), bem como os dados coletivos de outras espécies de risco local. De acordo com a matriz de risco, este grupo incluiu aves de rapina, tais como o gavião-carijó (*Rupornis magnirostris*) e o quiriquirei (*Falco sparverius*); O urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), a maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*), a curicaca (*Theristicus caudatus*), a rolinha-roxa (*Columbina talpacoti*), a pomba-asa-branca (*Patagioenas picazuro*) e a polícia-inglesa-do-sul (*Sturnella supercilialis*).

### 2.4 Análises Estatísticas

Utilizamos os Modelos Lineares Mistos Generalizados (GLMM) para analisar os efeitos de três fatores fixos: 1) *tratamento*, o que corresponde às diferentes alturas da grama nos tratamentos de corte (HF, LF, LI); E 2) *corte*, que engloba até dez dias após o corte ou "sem corte". Utilizou-se também o censo (aninhado em dias) como fator aleatório nas análises para minimizar os problemas de pseudorreplicação relacionados aos efeitos de medições repetidas nos mesmos pontos, ou censo que ocorra em períodos distintos no mesmo dia (máx = 3). As variáveis de resposta foram testadas separadamente para as três abundâncias (Quero-Quero, Carcará, e dados coletivos de outras espécies locais perigosas). Como a abundância mede as contagens do censo das aves, utilizamos a distribuição de Poisson para criar modelos de efeitos fixos (McDonald *et al.*, 2000, Conquest 2000, Manly 2008). O modelo global considerou ambos os fatores, e sua interação foi comparada a um modelo aditivo, somente modelo *tratamento* e somente modelo *corte*. Os modelos foram determinados para cada variável de resposta, e foram testados principalmente em relação à relevância dos efeitos aleatórios e, os efeitos fixos por um teste de razão de verossimilhança. Os melhores modelos foram selecionados por variação das medidas de critério de informação de Akaike (dAIC <2) (White & Burnham 1999). Os dados foram avaliados previamente para o ajuste de suposições subjacentes a testes estatísticos por um protocolo para exploração de erros de dados e avaliações gráficas residuais (Zuur *et al.*, 2009).

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Composição das Espécies de Grama

Foram identificadas 8 espécies de plantas pertencentes a 4 famílias nas gramíneas adjacentes à pista 11R-29L: Braquiária ou "brachiaria" *Urochloa* (= *Brachiaria*) *decumbens*, Capim Mombaça (*Panicum maximum*), Capim-Natal [*Rhynchelytrum* (= *Melinis*) *repens*] e outras gramíneas não identificadas (Família Gramineae), Guanxuma [*Sida rhombifolia* (Malvaceae)], a leguminosa *Bauhinia sp* (Fabaceae-Caesalpinioideae), Avoadinha-Peluda (*Conyza bonariensis*) e Picão Branco (*Galinsoga parviflora*) (Compositae). A espécie mais dominante foi a Braquiária, abrangendo 79,3% das áreas amostradas, seguida pela Guanxuma e Capim-Mombaça cobrindo 14,9% e 4,8%, respectivamente. Para as áreas adjacentes à pista 11L-29R foram identificadas as seguintes espécies ordenadas por dominância: Braquiária (*Urochloa decumbens*) (74%), Capim Mombaça (*Panicum maximum*) (15,3%), Guanxuma (*Sida rhombifolia*), outras gramíneas não identificadas, Capim-Natal (*Rhynchelytrum repens*), Avoadinha-Peluda (*Conyza bonariensis*), a leguminosa *Bauhinia sp* e Picão Branco (*Galinsoga parviflora*). Os resultados sugerem que as coberturas de relva do aeródromo são compostas predominantemente de gramíneas não nativas.

### 3.2 Alturas da Grama

O tratamento com HF apresentou maior altura média de grama (33,9 ± 15,9 cm) seguido de LI (31,2 ± 17,5 cm) e LF (26,3 ± 10,5 cm), indicando maior variação no tratamento LI e maior altura de grama no tratamento HF (Figura 2).

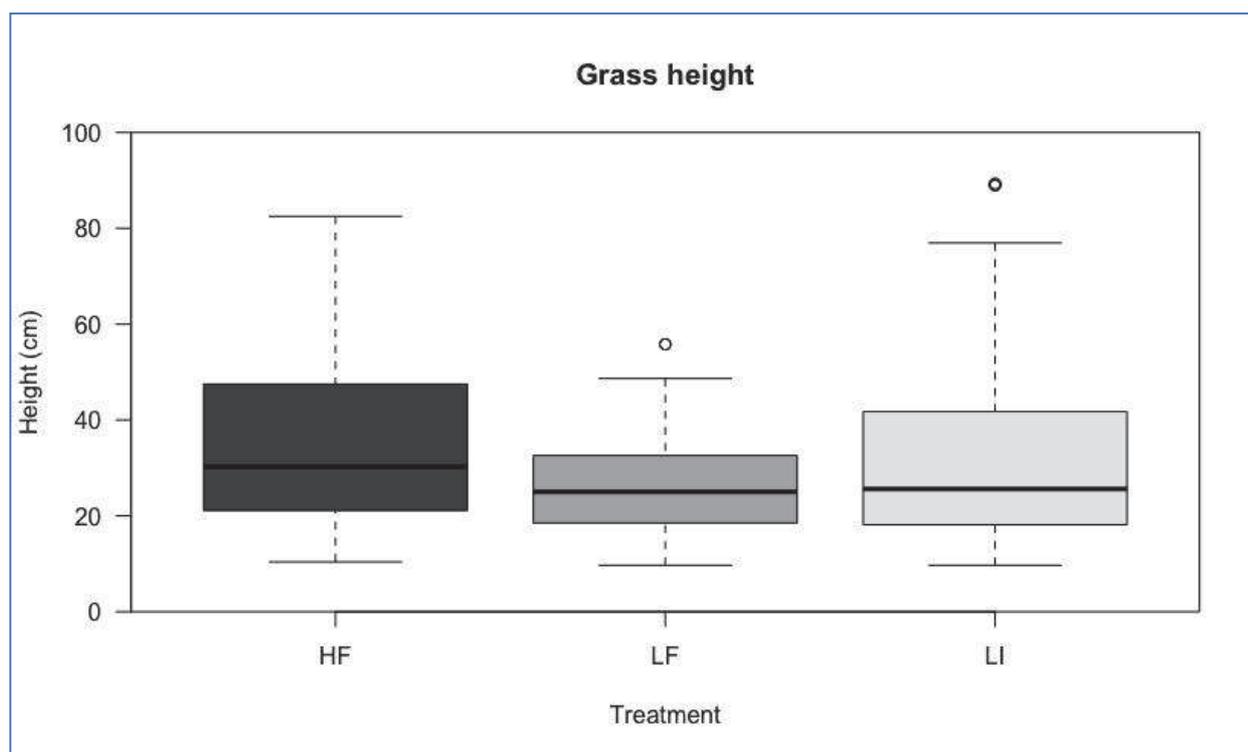


Figura 2: Boxplot das alturas da grama por tratamento: HF (Alta -Frequente) = 30-50cm, LF (Baixa-Frequente) = 5-30cm, LI (Baixa-Infrequente) = 5- 50cm.

### 3.3 Atividade das Aves e Alturas da Grama

Registramos 1.013 observações de aves durante 313 censos em 222 dias de amostragem, variando de 36 a 65 inspeções em cada área de amostragem. As observações consistiram de 423 Quero-Queros, 230 Carcarás, e outras 215 visualizações de espécies perigosas. Observamos 505 aves em tratamento LF, 165 em HF e 343 em LI. Entre todos os indivíduos amostrados, 389 estavam em áreas de "corte" (36 inspeções) e 624 em áreas "sem corte" (277 inspeções). Embora houvesse menos observações de corte, as grandes abundâncias de aves durante essa atividade sugerem que os períodos de corte são mais atrativos. Os resultados da seleção do modelo indicam que ambos os fatores fixos (*tratamento* e *corte*) foram relevantes para a abundância de aves. De acordo com o modelo selecionado, a abundância de Quero-Queros e de Carcarás difere significativamente entre os tratamentos, entre as duas ocasiões de corte e na interação de ambos os fatores. Estes resultados indicam que a altura máxima da grama, bem como o período de corte, influenciam a abundância das duas espécies mais perigosas. No entanto, esse efeito é diferente nos diferentes tipos de tratamentos. No caso de outras abundâncias de espécies perigosas, apenas o tratamento foi um fator significativo, e a presença ou ausência do efeito de corte não foi um fator importante para alterar a contagem de aves, mesmo entre os diferentes tipos de tratamento (Tabela 1).

Variáveis de Resposta (Y)	Tratamento	Corte	Tratamento*Corte	AIC	ΔAIC
Abundâncias de Quero-Queros <i>Vanellus chilensis</i>	***	**	**	1058.5 <sup>+</sup>	-
	***	-	-	1070.8	12.3
	-	*	-	1089.5	31.0
	***	***	-	1134.4	75.9
Abundâncias de Carcarás <i>Caracara plancus</i>	***	***	***	303.3 <sup>+</sup>	-
	***	ns	-	355.9	52.6
	***	-	-	375.1	71.8
	-	ns	-	403.8	100.5
Abundâncias de Outras espécies de Aves Perigosas	*	ns	ns	644.5	2.6
	**	ns	-	647.2	5.3
	**	-	-	641.9 <sup>+</sup>	-
	-	ns	-	647.3	5.4

#### Legendas

\*\*\* igual a  $p < 0.001$

\*\* igual a  $p < 0.01$

\* igual a  $p < 0.05$

ns - não significativo

"+" – melhores modelos selecionados

**Tabela 1.** Seleção de modelos mistos lineares generalizados (GLMM) de dois fatores fixos: *Tratamento* - correspondente a diferentes alturas de grama para tratamentos de corte, e *Corte* - correspondente a até dez dias após o corte ou "sem corte". Os modelos gerais (ambos os fatores e sua interação) foram comparados aos modelos aditivos, somente modelos de tratamento e somente modelos de corte. As variáveis de resposta foram testadas separadamente para três abundâncias de aves (Quero-Quero, Carcará, e os dados coletivos de outras espécies perigosas locais). Os melhores modelos foram selecionados por variação das medidas de Critério de Informação de Akaike ( $\Delta AIC < 2,0$ ). Outras espécies de aves perigosas incluíram o Gavião-Carijó (*Rupornis magnirostris*), o Quiriquiri (*Falco sparverius*), o Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), a Maria-Faceira (*Syrigma sibilatrix*), a Curicaca (*Theristicus caudatus*), pombas e pombos (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas picazuro*) e a Polícia-inglesa-do-sul (*Sturnella superciliaris*)

A abundância de Quero-Queros variou entre os diferentes tratamentos de altura da grama e, como foi previsto, o tratamento com HF apresentou abundâncias menores de Quero-Quero. O maior número de indivíduos foi registrado no tratamento LI, seguindo-se LF (Tabela 2). Do mesmo modo, a abundância de Quero-Quero durante o "corte" foi maior do que durante o "sem corte", indicando que esta atividade aumenta significativamente o número de indivíduos. O corte parece afetar as abundâncias em cada tratamento de altura da grama de forma diferente. Para o HF, a média de Quero-Queros não apresentou grande variação antes e após as atividades de corte. A abundância de Quero-Queros apresentou maiores variações nos tratamentos LI e LF, principalmente durante o "corte" (Figura 3). Observamos também diferenças entre o número de indivíduos de Carcarás entre os três tratamentos (Figura 4). O tratamento LF foi significativamente maior do que os outros tratamentos, sugerindo que o anterior é mais atrativo para os Carcarás. Do mesmo modo, a abundância de Carcarás durante o "corte" é maior do que durante os períodos "sem corte", mas essas diferenças foram mais pronunciadas no tratamento com LF (Tabela 2). Para outras espécies perigosas locais, também foram detectadas diferenças na abundância de aves entre os três tratamentos de altura da grama (Figura 5). Mais uma vez, as abundâncias foram mais altas no tratamento com LF, em comparação com as de LI e HF (Tabela 2). Mas não observamos variação na abundância de outras espécies de aves perigosas relacionadas ao efeito de corte da grama. Estes resultados sugerem que o tratamento da altura da grama é um atrativo importante para outras espécies de aves perigosas, independentemente da presença ou ausência do efeito de corte. A falta de variação na abundância de outras espécies de aves perigosas em comparação com a variação observada para Quero-Queros e Carcarás relacionada ao "corte" indica que esta atividade não afeta outras espécies perigosas na mesma escala das espécies acima mencionadas.

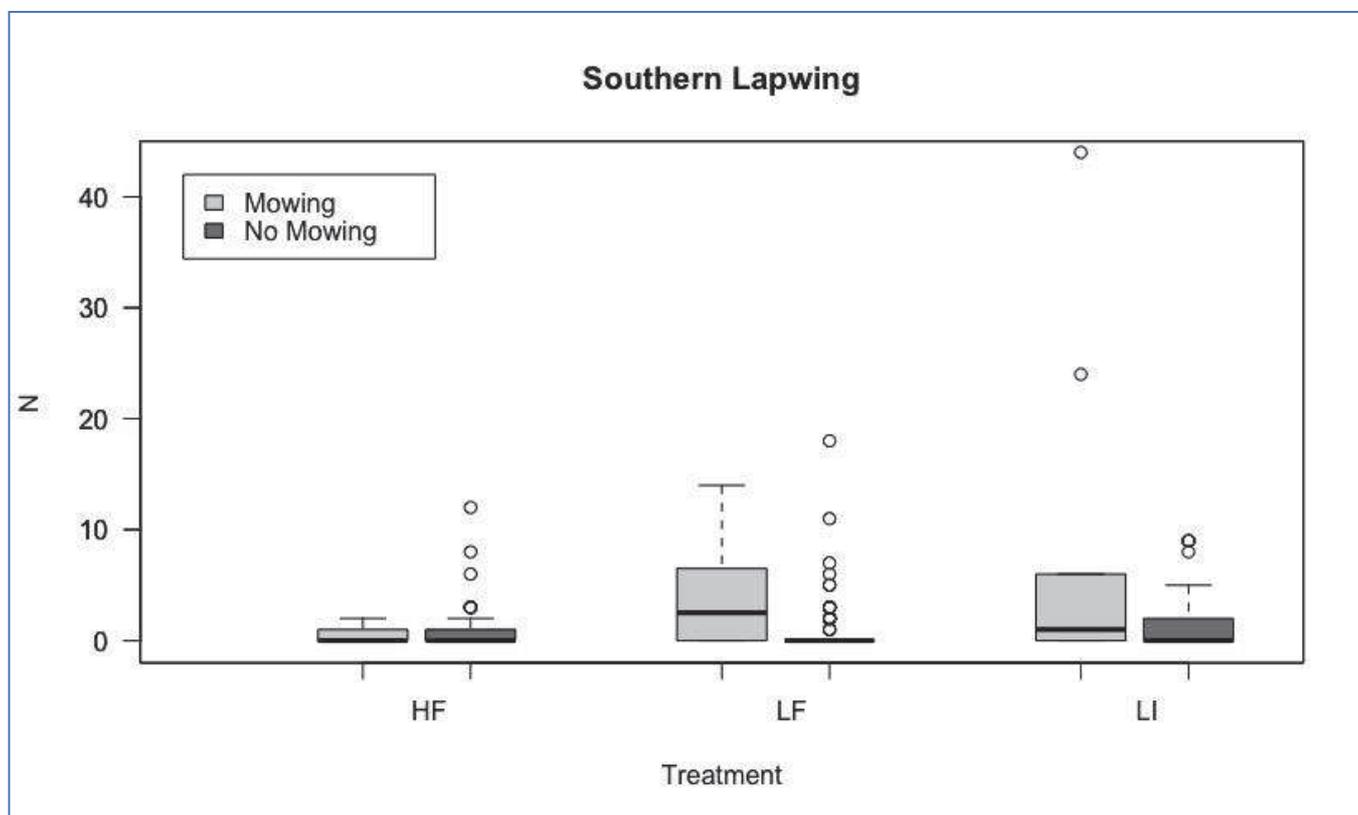


Figura 3: Boxplot relativo às abundâncias de Quero-Quero (*Vanellus chilensis*) por tratamento: HF (Alta-Frequente) = 30-50cm, LF (Baixa-Frequente) = 5-30cm, LI (Baixa-Infrequente) = 5-50cm. As barras escuras indicam atividades de "corte", as barras cinza-claro indicam atividades "sem corte".

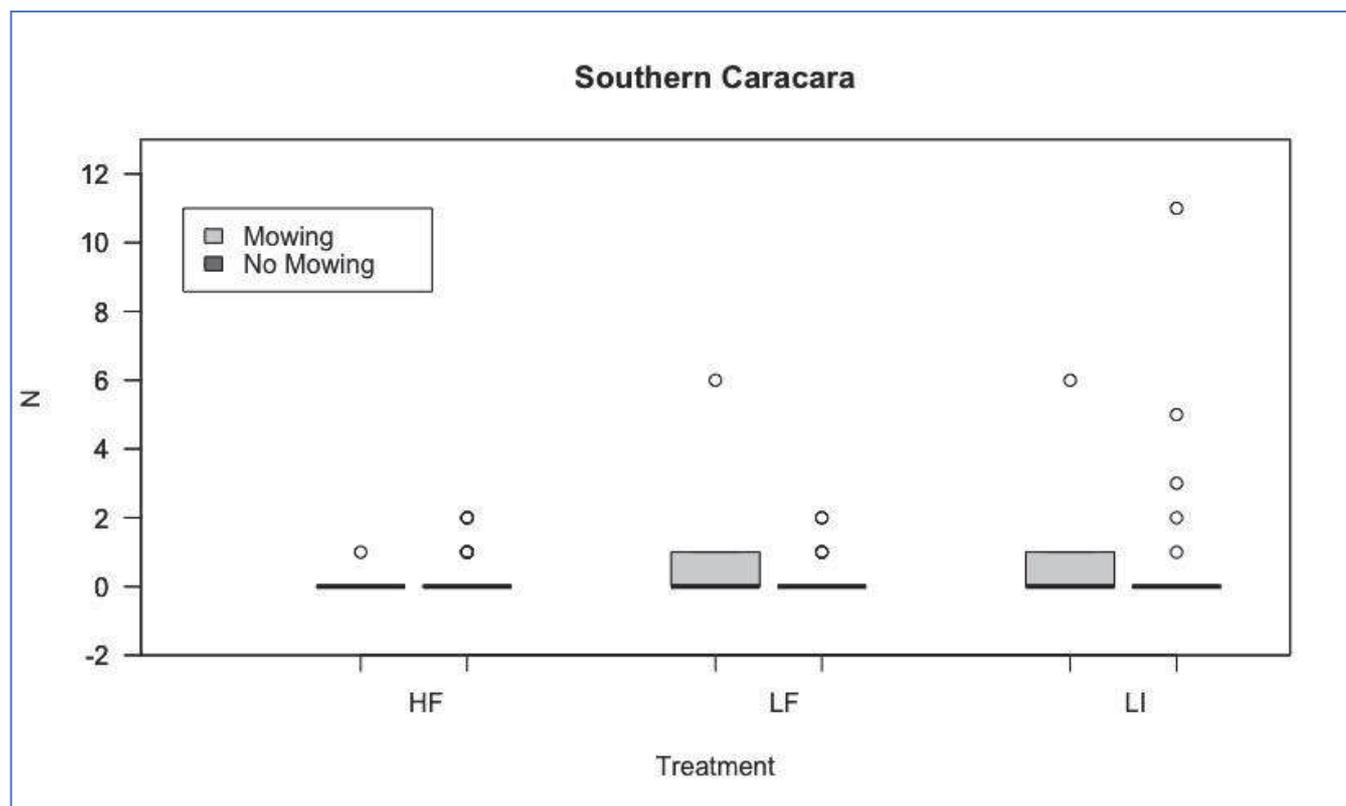


Figura 4: Boxplot relativo às abundâncias de Carcarás (*Caracara plancus*) por tratamento: HF (Alta-Frequente) = 30-50cm, LF (Baixa-Frequente) = 5-30cm, LI (Baixa-Infrequente) = 5-50cm. As barras escuras indicam atividades de "corte", as barras cinza-claro indicam atividades "sem corte".

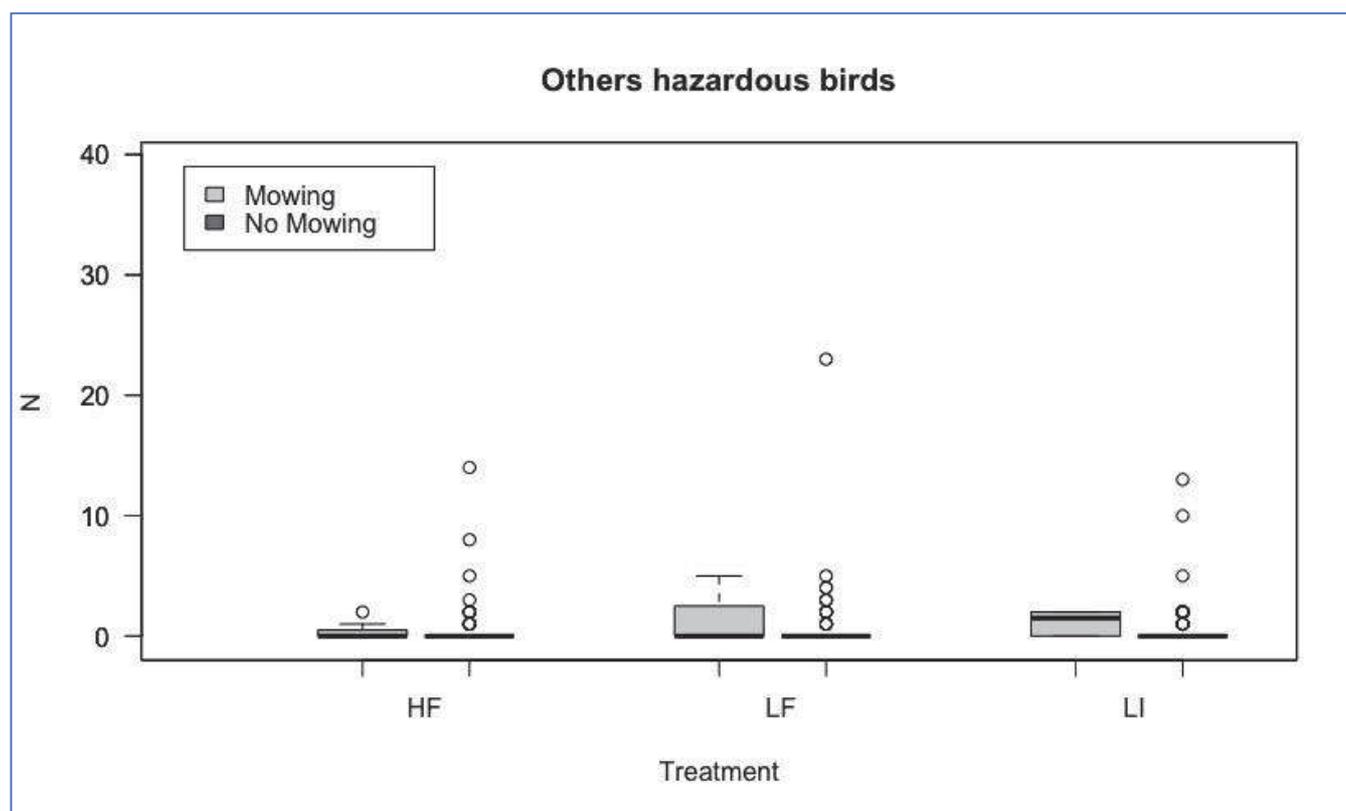


Figura 5: Boxplot das abundâncias de outras espécies de aves perigosas por tratamento: HF (Alta-Frequente) = 30-50cm, LF (Baixa-Frequente) = 5-30cm, LI (Baixa-Infrequente) = 5-50cm. As barras escuras indicam atividades de "corte", as barras cinza-claro indicam atividades "sem corte". Outras espécies de aves perigosas, como Gavião-Carijó (*Rupornis magnirostris*), Quiriquiri (*Falco sparverius*), Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), Maria-Faceira (*Syrigma sibilatrix*), Curicaca (*Theristicus caudatus*), pombas e pombos (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas Picazuro*) e Policia-inglesa-do-sul (*Sturnella superciliaris*).

<b>Quero-Quero (<i>Vanellus chilensis</i>)</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte</b>	<b>Sem Corte</b>	<b>Total</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	7.8 ± 14.7	1.3 ± 2.1	<b>2.0 ± 5.3</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	3.8 ± 4.7	1.0 ± 2.6	<b>1.3 ± 3.0</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.6 ± 1.0	0.7 ± 1.7	<b>0.7 ± 1.7</b>
<b>Total</b>	<b>4.4 ± 9.3</b>	<b>1.0 ± 2.2</b>	<b>1.3 ± 3.6</b>
<b>Carcará (<i>Caracara plancus</i>)</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte</b>	<b>Sem Corte</b>	<b>Total</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	0.8 ± 1.9	0.2 ± 1.3	<b>0.3 ± 1.4</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	3.7 ± 10.0	0.1 ± 0.4	<b>0.5 ± 3.5</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.1 ± 0.4	0.1 ± 0.4	<b>0.1 ± 0.4</b>
<b>Total</b>	<b>1.8 ± 6.6</b>	<b>0.2 ± 0.8</b>	<b>0.3 ± 2.2</b>
<b>Outras espécies de aves perigosas</b>			
<b>Tratamento \ Corte</b>	<b>Corte (SD)</b>	<b>Sem Corte (SD)</b>	<b>Total (SD)</b>
Tratamento LI - 5cm à 50cm	1.1 ± 1.0	0.6 ± 1.9	<b>0.7 ± 1.8</b>
Tratamento LF - 5cm à 30cm	1.2 ± 1.9	0.7 ± 2.6	<b>0.8 ± 2.5</b>
Tratamento HF - 30cm à 50cm	0.4 ± 0.8	0.5 ± 1.8	<b>0.5 ± 1.7</b>
<b>Total</b>	<b>1.0 ± 1.4</b>	<b>0.6 ± 2.1</b>	<b>0.6 ± 2.0</b>

Tabela 2. Estimativas das médias e desvio padrão do número de indivíduos das seguintes espécies: Quero-Quero (*Vanellus chilensis*), Carcará (*Caracara plancus*), e outras espécies de aves perigosas, Gavião-Carijó (*Rupornis magnirostris*), Quiriquirei (*Falco Sparverius*), Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*), Maria-Faceira (*Syrigma sibilatrix*), a Curicaca (*Theristicus caudatus*), pombas e pombos (*Columbina talpacoti*, *Patagioenas picazuro*) e a Polícia-inglesa-do-sul (*Sturnella superciliaris*).

#### 4 DISCUSSÃO

Nossos principais resultados podem ser resumidos em três conclusões principais: 1) a altura máxima da grama influencia diretamente a abundância de aves em SBBR, e nosso estudo empírico demonstra isso; 2) os períodos de "corte" representam um risco maior em relação à colisão com aves em aeródromos; e 3) as maiores variações de abundância de aves observadas no tratamento com LF indicam que, se a grama for cortada em uma altura mais baixa, elas podem ser ainda mais atrativas durante as atividades de corte. Portanto, nossos resultados corroboram parcialmente nossas previsões de que cortar a grama mais perto do solo, ou mais frequentemente, deve estar relacionado a maiores abundâncias de aves. Mas, em alguns casos, o regime de corte não tão frequente pode ser mais atrativo para aves perigosas, indicando que a altura da grama teve um efeito mais pronunciado do que a frequência de corte na abundância de aves. Consequentemente, é melhor manejar grama mais alta com mais frequência do que manejar uma grama mais curta com menos frequência.

Nosso estudo apresenta respostas quantitativas de aves para manejo de pastagem em aeroportos, o que indica que o regime de corte/altura influencia diretamente a abundância de pássaros, especialmente Quero-Queros e Carcarás. De acordo com os resultados obtidos para os Quero-Queros, maiores abundâncias foram observadas nos tratamentos LI e LF comparados aos HF, indicando que a grama mais alta pode ser uma estratégia de manejo bem-sucedida para esta espécie. Os Quero-Queros são considerados difíceis de manejar, uma vez que sua captura e o afugentamento são geralmente muito difíceis. Esta espécie é abundante e distribuída em todo o Brasil, sendo o manejo das pastagens talvez a maneira mais simples e eficiente de controlar essas aves. Alguns estudos sugerem o uso preferencial de pastagens curtas em vez de pastagens altas por diferentes componentes da comunidade aviária nos aeroportos da América do Sul (Marateo *et al.*, 2015). Foram registradas menos Quero-Queros em altura de grama alta (35cm) e houve uma correlação inversa, embora fraca, identificada entre o número de Quero-Queros e a altura da grama no Aeroporto Lauro Carneiro de Loyola, na cidade de Joinville, Santa Catarina, na região sul do Brasil (Friedrick 2013). Vários estudos de todo o mundo já avaliaram a influência da altura da relva na abundância de aves (Brough & Bridgeman 1980, Buckley & McCarthy 1994, Devereux et al., 2004, Linnel et al., 2009), mas apesar da ausência de uma correlação linear entre a abundância de aves e a altura da relva, o nosso estudo empírico demonstra uma relação de causa e efeito onde diferentes padrões de corte determinam as quantidades de espécies de aves de maior risco no aeródromo. Quando a grama é cortada em

uma altura mais próxima do solo, seu potencial atrativo aumenta para aves perigosas, especialmente durante os primeiros 10 dias após o evento de corte.

As aves frequentemente seguem o equipamento agrícola envolvido em produção de feno ou em aração para se alimentar de insetos expostos e pequenos vertebrados (Seamans *et al.*, 2007). O mesmo comportamento ocorre nos aeródromos, onde é comum se observarem altas concentrações de espécies de aves que se aproveitam de invertebrados expostos durante e após o corte da grama (Washburn & Seamans 2004). Um estudo realizado em aeródromos norte-americanos demonstrou que a detecção de gafanhotos por corvos foi significativamente maior na grama curta do que na grama deixada em comprimentos intermediários (15 a 30 cm) (Kennedy & Otter 2015). Um inventário de invertebrados realizado em aeródromos brasileiros identificou um grande domínio de formigas e gafanhotos em faixas de grama em torno das pistas em SBBR (Ferreira et al., 2015). Também foi demonstrado que o Carcará tinha grande preferência em se alimentar de gafanhotos (100% de presença em sete estômagos dissecados).

Todas essas evidências nos permitem inferir que, em circunstâncias de corte de grama curta, o período de corte representa o maior risco para a segurança da aviação em aeródromos. A grande variação de abundância observada no tratamento mais baixo e infrequente chama nossa atenção porque pode estar influenciando como as aves são atraídas pelos aeródromos. A biomassa acumulada do regime LF pode tornar essas áreas mais atrativas. A vegetação mais alta pode fornecer abrigo e proteger roedores, cobras, lagartos, insetos e aves pequenas, que se tornam expostos durante as atividades de corte, atraindo outras espécies perigosas, como falcões e corujas (Barras *et al.*, 2000).

De acordo com o estudo da grama em ambas as pistas, o domínio da Braquiária, considerada uma das espécies mais invasivas no Brasil, era esperado devido à sua característica reprodutiva e capacidade de fixação e dispersão (Lorenzi 2000). Essas características também tornam essa espécie ideal para produção de sementes e abrigo para animais e insetos. E assim, as atividades de corte devem ser consideradas ao se desenvolver um programa de gerenciamento de risco de fauna destinado a reduzir o risco de colisão com fauna. O estabelecimento de um regime de grama mais alto pode ser útil na redução do risco de colisão, mas outras alternativas também podem ser empregadas, como, por exemplo, a falcoaria ou o assédio de cães. Além disso, o corte noturno, o manejo de insetos e outros artrópodes com o uso de pesticidas e a remoção rápida das aparas são outras estratégias que podem ser implementadas para reduzir a atividade das aves após o corte (Deacon & Rochard 2000; ICAO 2012; Ferreira *et al.*, 2015).

A grama alta (> 30 cm) é eficaz para dissuadir a presença de aves em SBBR, particularmente em relação a duas das espécies mais perigosas, os Quero-Queros e os Carcarás. Outros estudos em aeroportos sul-americanos sugerem que a manutenção da altura da grama acima de 30cm pode ser uma estratégia econômica e eficaz para reduzir a abundância de espécies perigosas (Friedrick 2013, Marateo *et al.*, 2015). Nossos dados mostraram a eficácia dessa estratégia; portanto, recomendamos outros aeroportos tropicais testem a eficácia de uma maior altura da grama (> 30cm) como parte de seus programas de manejo da fauna.

Um administrador do aeroporto deve sempre considerar que não existe uma fórmula universal para a altura ideal da grama e não há recomendações de consenso para o gerenciamento da altura da grama para as autoridades aeroportuárias locais (CAA 2013, ICAO 2012, Washburn & Seamans 2013), devido a resultados conflitantes sobre se os regimes de grama alta reduzem a atividade das aves ou não (Brough & Bridgman 1980, Buckley & McCarthy 1994, Seamans *et al.*, 1999, Barras *et al.*, 2000). Portanto, as melhores estratégias de manejo de gramíneas exigem mais pesquisas e podem ser específicas para a localidade (Barras & Seamans 2002). As estratégias de gerenciamento para aeroportos específicos devem ser congruentes com suas espécies de alto risco (Mackinnon et al 2004), pois cada localidade abriga um determinado conjunto de espécies de aves que podem se beneficiar de diferentes perfis de altura (Luigi, 2006). Por exemplo, os operadores de aeroportos podem decidir se as espécies pequenas não formadoras de bandos que são atraídas pela grama alta podem ser toleradas para melhorar o manejo de espécies perigosas de alto risco que preferem grama curta. Para minimizar o efeito de possíveis colonizações de espécies de risco, o censo de aves e as inspeções de grama alta devem ser continuadas (Brough & Bridgeman 1980), bem como estratégias responsivas para coibir o potencial agrupamento de aves atraídas pela grama alta.

Ao considerar as opções de manejo de vegetação nos aeroportos, os administradores de aeroportos devem se concentrar em espécies de plantas, altura de grama e densidade de plantas para minimizar a atratividade do aeroporto para a maioria das espécies de risco. Tipos de grama específicas podem reduzir o sucesso de forrageamento na localidade para muitas espécies de aves (Linnell et al., 2009). Portanto, algumas medidas sugeridas para mitigar esse risco podem incluir o uso de gramíneas de crescimento lento e o uso de gramíneas com baixa produção de sementes e valor nutricional para as aves. As características e a cobertura do solo também deve ser considerada, uma vez que nem todos os terrenos são apropriados para este tipo de cobertura do solo. Avanços recentes com o uso de gramíneas infectadas por endófito nos aeroportos, mostraram avanços na dissuasão das espécies de aves que se alimentam dessas plantas (Pennell & Rolston 2010); no entanto, essas espécies de plantas parecem ser efetivas apenas em climas temperados, não adequados para a maioria dos aeroportos no Brasil.

Qualquer estratégia de manejo adotada por aeroportos e aeródromos deve ser acompanhada de programas de monitoramento de aves e vegetação e avaliações de risco regulares para garantir que outros problemas não surjam com a eventual substituição de espécies e modificação de habitat (Blackwell *et al.*, 2013). O manejo da vegetação para mitigar o risco de colisões com aves é apenas um dos componentes integrados, e os bons programas de gerenciamento de riscos são multifacetados, exigindo a

participação não apenas do operador do aeroporto, mas de outras partes interessadas do setor, como companhias aéreas, reguladores, municípios e governo em nível federal, estadual e local (Patrick & Shaw 2012).

## 5 CONCLUSÃO

Nossos resultados confirmam que a grama alta (> 30cm) é eficaz na redução da abundância de espécies de alto risco em SBBR, e que o regime de corte pode afetar a abundância de aves, mas a maneira como esse regime afeta as aves varia de acordo com a espécie. No geral, o efeito de corte representa um maior risco para os aeroportos, uma vez que os animais são muitas vezes mais atraídos pelas faixas de grama do aeródromo durante e logo após esse evento. Quanto maior a discrepância entre a altura máxima antes do corte e altura após o corte, maior a capacidade de influenciar a atividade das aves. A espécie de grama predominante também afeta a presença de aves devido às suas características biológicas e reprodutivas. Portanto, de acordo com nossos resultados, uma estratégia de manejo de gramíneas mais eficiente inclui a adoção de grama mais alta, com um regime de corte mais frequente, a fim de reduzir a quantidade de biomassa acumulada e exposição de presas.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à convenção entre a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) e o Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília (CDT-UNB), que criou o Programa Fauna nos Aeroportos Brasileiros, e tornou possível esta pesquisa. Também gostaríamos de agradecer ao Sistema de Gestão de Segurança Operacional (SGSO) do aeroporto, e seus gerentes - Manoel Neto e Regianne Aquino; ao Setor Ambiental Regional (MECO) e todos os seus membros, especialmente Angela Mouro e Luis Nunes. Além disso, agradecemos à Coordenação Nacional do Programa Brasileiro de Fauna nos Aeroportos, bem como ao Setor Ambiental Nacional da INFRAERO pelo seu apoio, revisão e crítica construtiva. Também gostaríamos de agradecer ao Tenente Coronel Rubens e Kylie Patrick por comentários importantes sobre o manuscrito original e os revisores por sua valiosa contribuição. As opiniões expressas neste estudo não refletem necessariamente as políticas atuais da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) que regem o controle da fauna nos aeroportos ou nas proximidades deles.

## REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. R. The costs of bird strikes and bird strike prevention. In: HUMAN CONFLICTS WITH WILDLIFE: ECONOMIC CONSIDERATIONS, PROCEEDINGS OF THE 3RD NWRC SPECIAL SYMPOSIUM, 2002, Fort Collins, EUA.
- ALLAN, J. A heuristic risk assessment technique for birdstrike management at airports. **Risk Analysis.**, v. 26, p. 723-729. 2006.
- BARRAS, S. C. et al. Bird and small mammal use of mowed and unmowed vegetation at John F. Kennedy international airport, 1998 to 1999. In: PROCEEDINGS OF THE VERTEBRATE PEST CONFERENCE. 2000. p. 31-36
- BARRAS, S. C.; SEAMANS, T. W. Habitat management approaches for reducing wildlife use of airfields. In: PROCEEDINGS OF THE VERTEBRATE PEST CONFERENCE. 2002. p. 309-315.
- BIBBY, C.; JONES, M.; MARSDEN, S. **Expedition Field Techniques: bird surveys**. 1. ed. Cambridge: BirdLife International, 2000. 137p.
- BLACKWELL, B. F.; SEAMANS, T. W.; DOLBEER, R. A. Plant growth regulator (Stronghold®) enhances repellency of anthraquinone formulation (Flight Control®) to Canada geese. **Journal of Wildlife Management.**, v. 63, p. 1336-1343. 1999.
- BLACKWELL, B. F. et al. A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities. **Ibis.**, v. 155, p. 189-193. 2013.
- BROUGH, T.; BRIDGMAN, C. J. An Evaluation of Long Grass as a Bird Deterrent on British Airfields. **Journal of Applied Ecology.**, v. 17, p. 243-253. 1980.
- BUCKLEY, P. A.; MCCARTHY, M. G. Insects, vegetation, and the control of laughing gulls (*Larus atricilla*) at Kennedy International Airport, New York City. **Journal of Applied Ecology.**, v. 31, p. 291-302. 1994.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica.**, v. 8, p. 40-55. 2015.
- CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **CAP 772: aerodrome wildlife strike hazard management and reduction**. Reino Unido, 2013. 94 p.
- CLEARY, E. C.; DOLBEER, R. A. **Wildlife Hazard Management at Airports: a manual for airport personnel**. 2. ed. Washington, D.C: USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications, 2005. 248 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 466: estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e autorização do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos e dá outras providências**. Brasil, 2015. 2p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=711>> Acesso em: jul. 2016.

- CONQUEST, L. L. Analysis and Interpretation of Ecological Field Data Using BACI. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics.**, v. 5, p. 293-296. 2000.
- DEACON, N.; ROCHARD, B. Fifty years of Airfield Grass Management in the UK. In: PROCEEDINGS OF THE 25<sup>TH</sup> MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 2000, Amsterdam, Netherlands.
- DEKKER, A. Poor long grass. In: PROCEEDINGS OF THE 25<sup>TH</sup> MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 2000, Amsterdam, Netherlands.
- DEFUSCO, R. et al. North American Bird Strike Advisory System: Strategic Plan. US BIRD STRIKE COMMITTEE – USA/CANADA 7<sup>TH</sup> ANNUAL MEETING, 2005, Vancouver, Canadá.
- DEVAULT, T. L. et al. Interspecific Variation in Wildlife Hazards to Aircraft: Implications for Airport Wildlife Management. **Wildlife Society Bulletin.**, v. 35, p. 394-402. 2011.
- DEVAULT, T. L. et al. Airports Offer Unrealized Potential for Alternative Energy Production. **Environmental Management.**, v. 49, p. 517-522. 2012.
- DEVEREUX, C. L. et al. The effect of sward height and drainage on Common Starlings *Sturnus vulgaris* and Northern Lapwings *Vanellus vanellus* foraging in grassland habitats. **Ibis.**, v. 146, p. 115-122. 2004.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Advisory Circular 150/5200-33B.** Hazardous wildlife attractants on or near airports. U.S. Department of Transportation. Washington, D. C., EUA. 2007.
- 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, p. 564-572. 2015.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION (FSF). **Operator's flight safety handbook.** Virginia, EUA. 2002. 180p.
- FRIEDRICH, F. **Manejo de Vegetação como Estratégia para a Redução da Incidência do Quero-Quero (*Vanellus chilensis*) em ambiente aeroportuário.** 2013. Dissertação de mestrado – Universidade da Região Joinville, Joinville, 2013.
- INTERNATIONAL BIRDSTRIKE COMMITTEE (IBSC) **Recommended Practices No. 1:** Standards for Aerodrome Bird/Wildlife Control. Disponível em: <[http://www.int-birdstrike.org/Best\\_Practice.htm](http://www.int-birdstrike.org/Best_Practice.htm)>. Acesso em out. 2012
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO) **Doc. 9137:** Airport Services Manual, Part 3 — Wildlife Control and Reduction. Ed. 4. Montreal, Quebec, Canadá. 2012. 56p.
- KENNEDY, L. A.; OTTER, K. A. Grass management regimes affect grass-hopper availability and subsequently American crow activity at airports. **Human–Wildlife Interactions.**, v. 9, p. 58-66. 2015.
- LINNELL, M. A.; CONOVER, M. R.; OHASHI, T. J.; Using wedelia as ground cover on tropical airports to reduce bird activity. **Human–Wildlife Conflicts.**, v. 3, p. 226-236. 2009.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum. 2000. 608 p.
- LUIGI, G. **Manual de Controle do Perigo Aviário para Aeroportos da Rede Infraero.** Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2006. 213 p.
- MACKINNON, B.; SOWDEN, R.; DUDLEY, S. **Sharing the Skies:** An Aviation Industry Guide to the Management of Wildlife Hazards. Ottawa, Canadá: Transport Canada, 2004. 270 p.
- MANLY, B. F. J. **Statistics for Environmental Science and Management.** 2. ed. Estados Unidos: Chapman & Hall/CRC. 2008. 336 p.
- MARATEO, G. et al. Habitat use by birds in airports: A case study and its implications for bird management in South American airports. **Applied Ecology and Environmental Research.**, v. 13, p. 799-808. 2015.
- MCDONALD, T. L.; ERICKSON, W. P.; MCDONALD, L. L. Analysis of Count Data from Before – After - Control – Impact Studies. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics.**, v. 5, p. 262-279. 2000.
- MEAD, H.; CARTER, A. W. The management of long grass as a bird repellent on airfields. **Grass and Forage Science.**, v. 28, p. 219–222. 1973.
- MONTALVO, C. I. et al. Bone damage patterns found in the avian prey remains of crested caracara *Caracara plancus* (Aves, Falconiformes). **Journal of Archaeological Science.**, v. 38, p. 3541-3548. 2011.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. O perigo aviário em aeroportos do nordeste do Brasil: Análise das colisões entre aves e aviões de 1985 e 2009. **Revista Conexão SIPAER.**, v. 1, p. 47-68. 2010.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. Relação entre resíduo sólido urbano e urubus-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*): um perigo para as aeronaves no aeroporto de ilhéus (SBIL). **Revista Conexão SIPAER.**, v. 5, p. 22-29. 2014.
- PATRICK, K.; SHAW, P. Bird strike hazard management programs at airports: what works? In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA DE VOO DO INSTITUTO DE PESQUISAS E ENSAIOS EM VOO, 5., 2012, São José dos Campos.
- PENNELL, C.; ROLSTON, P. The potential of specialty endophyte-infected grasses for the aviation industry. MEETING OF THE INTERNATIONAL BIRD STRIKE COMMITTEE, 29., 2010, Cairns, Austrália.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: ambiente e flora.** Brasília: EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 1998. p. 89-166.

- SARACURA, V. **Estratégias reprodutivas e investimento parental em quero-quero**. 2003. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- SEAMANS, T. W. et al. Does tall grass reduce bird numbers on airports? Results of pen test with Canada Geese and field trials at two airports, 1998. BIRD STRIKE COMMITTEE-USA/CANADA, FIRST JOINT ANNUAL MEETING, 1999, Vancouver, Canadá.
- SEAMANS, T. W. et al. Comparison of two vegetation-height management practices for wildlife control at airports. **Human-Wildlife Conflict.**, v. 1, p. 97–105. 2007.
- SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1997. 862 p.
- SODHI, N. S. Competition in the air: Birds versus aircraft. **The Auk.**, v. 119, p. 587–595. 2002.
- THORPE, J. Conflict of Wings: Birds Versus Aircraft. In: Angelici, F. **Problematic Wildlife: A Cross-Disciplinary Approach**. 1. ed. Switzerland: Springer, 2016. p. 443-464.
- WASHBURN, B. E.; SEAMANS, T. W. Management of Vegetation to Reduce Wildlife Hazards at Airports. FAA WORLDWIDE AIRPORT TECHNOLOGY TRANSFER CONFERENCE, 2005, Nova Jersey, EUA.
- WASHBURN, B. E.; SEAMANS, T. W. Managing turfgrass to reduce wildlife hazards at airports. In: DeVault, T. L.; Blackwell, B. F.; Belant, J. L. **Wildlife in Airport Environments: Preventing Animal-Aircraft Collisions through Science-Based Management**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013. p. 105-114.
- WHITE, G. C.; BURNHAM, P. K. Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. **Bird Study.**, v. 46, p.120-138. 1999.
- ZUUR, A. F. et al. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R**. New York: Springer-Verlag. 2009. 574 p.

---

# Aeronavegabilidade Relacionados à Fadiga Estrutural em Aeronaves

Jessica Bello Naressi <sup>1,3</sup>, Fabiano Hernandez <sup>2</sup>

1 Embraer S.A.

2 ANAC

3 jessicanaressi@gmail.com

---

**RESUMO:** Para obtenção de um Certificado de Tipo de uma aeronave categoria transporte civil o fabricante deve demonstrar cumprimento com algumas regras - requisitos de aeronavegabilidade. Dentre estes, o requisito associado à fadiga estrutural (atual §25.571), cujo objetivo principal sempre esteve relacionado com a prevenção de falhas catastróficas durante a vida operacional da aeronave. Ao longo dos anos, o conhecimento relacionado à fadiga evoluiu e paralelamente os requisitos também. Neste trabalho é apresentado como ocorreu a evolução deste requisito, de sua origem até texto atual, e a relação dos mesmos com os acidentes aeronáuticos relacionados ao tema.

**Palavras Chave:** Fadiga. Requisitos. Tolerância ao Dano.

## Evolution of the Airworthiness Requirements Related to Structural Fatigue in Aircraft

**ABSTRACT:** There are some fatigue evaluation requirements that must be complied with before manufacturers can obtain a type-design certification for a civil transport category airplane. The primary objective of the fatigue requirements (current §25.571) has always been to prevent catastrophic failures due to fatigue during the operational life of the airplane. Over the years, the requirements have changed as the fatigue knowledge base has evolved. The study presents the evolution of the requirements, from the early times until today, and their correlation with some aeronautical accidents.

**Key words:** Fatigue. Requirements. Damage-tolerance.

**Citação:** Naressi, JB, Hernandez, F. (2017) Aeronavegabilidade Relacionados à Fadiga Estrutural em Aeronaves. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 1, pp. 92-100.

## BIOGRAFIA

### Jessica Bello Naressi

Discente de Engenharia Mecânica da ETEP Faculdades. Graduada em Manutenção de Aeronaves da Faculdade de Tecnologia Professor Jessen Vidal – FATEC São José dos Campos. Atuou como estagiária no Grupo de Coordenação de Programas (PHT) da Agência Brasileira de Aviação Civil – ANAC. Atualmente é Mecânica Montadora das aeronaves comerciais da família E-Jets E2, na Embraer, em São José dos Campos.

### Fabiano Hernandez

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (1996), mestrado (2003) e doutorado (2010) em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Atualmente é engenheiro da Gerência Geral de Certificação Aeronáutica da Agência Brasileira de Aviação Civil - ANAC no grupo de engenharia de estruturas, na área de fadiga e tolerância a dano. Na iniciativa privada trabalhou na Embraer no suporte técnico de estruturas, na Aerodinâmica, e na Qualidade, da Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A. Tem experiência na área de Engenharia Aeroespacial, com ênfase em Estruturas Aeroespaciais, Certificação, Aerodinâmica, Não Conformidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a vida operacional da aeronave, à medida que problemas vão aparecendo, os elementos de sistemas, motores e hélices podem ser substituídos por componentes novos ou revisados. Assim, as vidas destes componentes recomeçam. O mesmo não ocorre com a estrutura do avião. Tipicamente, os danos estruturais acidentais, trincas ou corrosões que ocorrem no decorrer da vida operacional são reparados, mantendo-se o componente original em atividade. Para que o reparo não traga problemas adicionais à estrutura, estes são analisados do ponto de vista de integridade estrutural e aprovados pela Autoridade de Certificação Aeronáutica do País onde opera a aeronave.

Neste trabalho, é focada a questão de fadiga estrutural, a qual normalmente terá como efeito uma trinca na estrutura da aeronave.

Embora uma aeronave possa resistir à aplicação de uma carga elevada oriunda de uma manobra abrupta ou de uma rajada ou mesmo de um pouso duro, isto não significa que possua resistência suficiente para suportar a aplicação repetitiva de cargas de valores bem menores, fenômeno este conhecido como fadiga dos materiais.

Todos os materiais, metálicos ou compostos, da estrutura de um avião estão sujeitos ao fenômeno da fadiga. Alguns com mais intensidade outros com menos. A fadiga ocorre na faixa elástica destes materiais em tensões que vão desde um limite onde elas são completamente inofensivas até valores próximos da tensão de escoamento. Nesta faixa (elástica) após a estrutura deformada, a mesma volta à sua configuração original não restando sinal algum de degradação na mesma. Entretanto se estas tensões ocorrerem seguidamente, após um determinado número de ocorrências, pode acontecer o início de uma falha do material que irá se propagar com uma velocidade que depende do material, do detalhe construtivo, do nível das tensões, etc.

Historicamente, a partir dos anos 30, houve um aumento do uso de revestimentos metálicos, bem como um aumento no tamanho das aeronaves, crescendo assim, a necessidade de se entender melhor este fenômeno. A regulação associada com fadiga evoluiu à medida que houve esta evolução tecnológica, bem como a partir de lições aprendidas com os acidentes aéreos.

É sabido que atualmente exista um aumento cada vez maior do uso de materiais compósitos na aviação (Smith, 2014). Tais materiais, embora tipicamente livres de trincas por fadiga, também são susceptíveis a outros danos por fadiga, e mesma regulação vale para estas aeronaves. A preocupação cada vez maior da comunidade da aviação com envelhecimento das aeronaves de estruturas metálicas é necessária para as aeronaves já voando e novas que estão por vir que devem ser projetadas a fim de evitar problemas relacionados a trincas bem como outros danos por fadiga (no caso de aeronaves que tem suas estruturas primárias de materiais compósitos).

Inicialmente, é feita uma definição dos termos mais usados neste trabalho, para facilitar a compreensão na leitura. Tais definições foram descritas por Eastin e Sippel (2002) com mais detalhes. Em seguida, é descrito cada período de avanço nos requisitos. Além disso, são apresentados, sucintamente, os eventos históricos que serviram de incentivo para as modificações ao regulamento, atual Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 25 (ANAC, 2014) seção 25.571, cujo equivalente associado estadunidense é o 14 CFR (*Code of Federal Regulations*) Part 25 (Governo dos EUA, 2014) §25.571, e finalmente são apresentadas as conclusões do trabalho.

## 2 OBJETIVO

Apresentar de maneira clara e objetiva as fases da evolução dos requisitos relacionados à fadiga estrutural em aeronaves, bem como descrever as diversas abordagens para tratamento do assunto desde o pós-Segunda Guerra até os dias atuais. Ainda, relacionar como nasceram e evoluíram estas estratégias, e suas relações com os principais acidentes aéreos associados à fadiga estrutural em aeronaves.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido utilizando o método de revisão bibliográfica de outros artigos que abordam o tema. Além de artigos, outros documentos também auxiliaram, tais como, *Advisory Circular* (AC), que é um documento de informações sobre vários assuntos, no nosso caso foi utilizada a AC 25-0571D (FAA, 2011), que traz os métodos aceitáveis para cumprimento com requisito §25.571 (do 14 CFR *Part 25*/RBAC 25).

## 4 DEFINIÇÕES

Nesta seção serão apresentadas algumas definições mínimas necessárias para do trabalho, as quais são uma tradução livre da AC 25-571-1D (FAA, 2011).

**Dano por fadiga** - é um dano progressivo, pois é oriundo de eventos cumulativos. Ou seja, se inicia com o surgimento de pequenas trincas que crescem sob a ação de cargas repetidas e podem resultar na fratura do elemento estrutural. Ocorrem em locais específicos ou de modo generalizado, em toda a fuselagem. Falha de projeto ou de manufatura, material com defeito, erros na montagem e manutenção inadequada, são os principais causadores de uma falha. Uma estrutura sujeita à fadiga possui sua resistência reduzida e conseqüentemente estará abaixo dos níveis de segurança, o que geralmente resultam em falhas catastróficas.

**Safe-life** (Vida Limite) - O número de eventos, tais como, ciclos de voo, aterrissagens, ou horas de voo, nos quais a resistência estrutural tem uma baixa probabilidade de se degradar abaixo do seu limite pré-definido no projeto, devido a trincas por fadiga.

**Fail-safe** (Resistência a Falha) - É o atributo à estrutura que permite que ela mantenha sua resistência residual necessária por um período de uso, sem reparos, após a falha de um elemento principal da estrutura.

**Damage Tolerance** (Tolerância ao Dano) - A atribuição à estrutura que lhe permite conservar sua resistência residual necessária por um período de tempo após a estrutura ter sofrido um determinado dano (fadiga, corrosão ou danos discretos).

**Widespread Fatigue Damage (WFD)** (Dano Generalizado por Fadiga) - A presença simultânea de trincas em vários locais da estrutura, que são de tamanho e densidade suficiente para que a estrutura não cumpra com as exigências de resistência residual do § 25.571 (b).

**Multiple Site Damage (MSD)** – Uma fonte de dano generalizado por fadiga caracterizado pela presença simultânea de trincas por fadiga no mesmo elemento estrutural.

**Multiple Element Damage (MED)** - Uma fonte de dano generalizado por fadiga caracterizada pela presença simultânea de trincas por fadiga em elementos estruturais adjacentes semelhantes.

**Limit of Validity (LOV)** – é o limite de validade dos dados de engenharia que suportam o programa de manutenção estrutural - O período de tempo (em ciclos de voo, horas de voo, ou ambos), onde tenha sido demonstrado por ensaios, análises, e se disponível, experiência em serviço, que os danos generalizados por fadiga não ocorrerão na estrutura do avião. A demonstração mencionada na definição acima deve mostrar que, considerando os resultados das avaliações de WFD executadas e as ações de manutenção, ICA (Instruções de Aeronavegabilidade Continuada), relacionadas à MSD/MED, incluídas na ALS (Seção de Limitações de Aeronavegabilidade), um evento de WFD não ocorrerá antes do LOV.

## 5 EVOLUÇÃO DOS REQUISITOS

Existem três estratégias fundamentais de tratamento da fadiga estrutural que foram reconhecidas na regulamentação de aeronaves civis como abordagens aceitáveis para prevenir falhas catastróficas devido à fadiga. Elas são comumente referidas como: *Safe-Life*, *Fail-Safe*, e *Damage-Tolerance*. Além destes três conceitos históricos, as mudanças mais atuais no §25.571 estão relacionadas ao chamado WFD (*Widespread Fatigue Damage*), que é o dano generalizado por fadiga, e finalmente o LOV (*Limit of Validity*), que é o limite de validade dos dados de engenharia que suportam o programa de manutenção estrutural, número este que se espera não ocorrer um evento de WFD. Eastin e Sippel (2002) é uma boa referência sobre o entendimento de cada um destes conceitos, sendo a referência aqui utilizada. A figura 1 ilustra a evolução dos conceitos, e a seguir é apresentada uma breve descrição de cada conceito.

### 5.1 *Safe-Life*

Por meados da década de 40, a aviação civil era regulamentada através do requisito estadunidense CAR (*Civil Aviation Requirements* - Regulamentos de Aviação Civil), o qual teve sua primeira edição em 1937 e não fazia nenhuma referência à fadiga. Novas edições ocorreram e também não abordaram esse tema. A primeira preocupação com relação à fadiga surgiu em 1950, por meio do CAR “PART 4b – Aeronavegabilidade de Aviões da Categoria Transporte”, que declarava na edição de 20 de Julho de 1950:

“§ 4b.306 *Material strength properties and design values(d) The structure shall be designed in so far practicable to avoid points of stress concentration where variable stresses above the fatigue limit are likely to occur in normal service.*”;

e posteriormente, na edição de 31 de Dezembro de 1953:

“§ 4b.306 *Material strength properties and design values*

*(d) The strength, detail design, and fabrication of the structure shall be such as to minimize the probability of disastrous fatigue failure.*

*NOTE: Points of stress concentration are one of the main sources of fatigue failure.*”

Esse período ficou conhecido como *Safe-life* (Vida Limite) ou, como sugerido por Swift (1999) - *Safety By Retirement* (Segurança por Aposentadoria). Os requisitos acima refletem o pensamento da época, quando se acreditava que tendo uma estrutura capaz de suportar as cargas limites de voo, adicionado de um fator de segurança de 1,5 (fator esse até hoje válido nos requisitos de resistência estrutural), e minimizando pontos de concentração de tensão estar-se-ia livre de uma falha por fadiga.

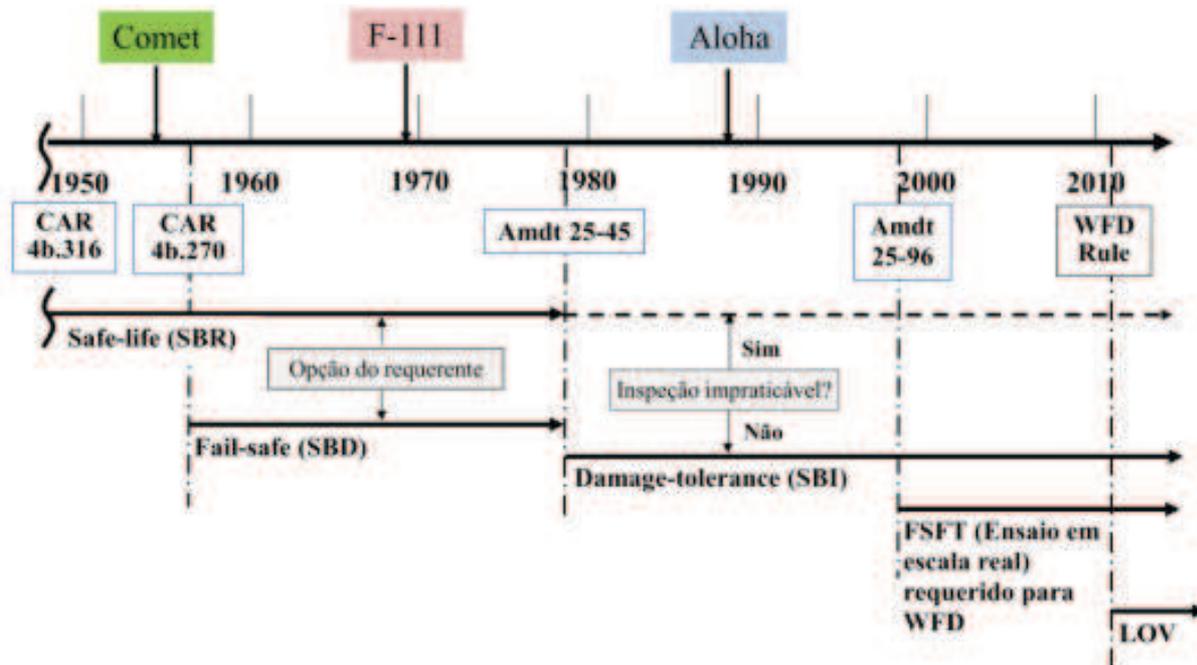
A estrutura ou qualquer componente que viesse a diminuir a vida limite da aeronave deveria ser “aposentada”, ou seja, retirada de seu funcionamento antes de atingir os limites de fadiga preestabelecidos.

O Comet I, aeronave criada no período da era *Safe-Life*, foi uma aeronave muito avançada tecnologicamente quando comparada as aeronaves da época. Foi projetado para voar a 35 mil pés, o que necessitava de uma atenção elevada quanto à integridade estrutural de sua fuselagem pressurizada. A fuselagem era capaz de suportar 2,5 vezes a pressão diferencial máxima de operação, sem falhas, sendo que os Requisitos de Aeronavegabilidade Civil Britânicos (BCAR) propunham um fator de 2.

Além disso, vários testes foram feitos em um corpo de prova de fuselagem, o que aumentou ainda mais a confiança na estrutura do avião e acreditavam que a fadiga não seria um problema, ainda mais que os requisitos relacionados à fadiga da época declaravam que uma aeronave cuja fuselagem que suportasse duas vezes a pressão interna sem o surgimento de falhas estaria relativamente imune à fadiga.

Porém, em 1954, trincas por fadiga começaram a se propagar na área dos cantos das janelas, local difícil de detectar visualmente. E então duas falhas catastróficas aconteceram (Wanhill. 2002), o primeiro acidente ocorreu em 10 de Janeiro de 1954 e o outro em 8 de Abril de 1954. Longas investigações foram realizadas e concluíram que a causa das rupturas, foi à concentração de tensões na área do canto das janelas. As investigações também mostraram que trincas poderiam surgir muito antes do esperado, devido à falta de análises de fadiga, contudo, observaram que a estratégia do *Safe-Life* não era totalmente

segura, porque apenas previa um tempo de vida limite da estrutura, sem a análise de falhas. Nasce então, em meados de 1956, o conceito *Fail-Safe*, o qual declarava a necessidade de além de prever um tempo de vida seguro e sem falhas, realizar testes e análises na estrutura.



**Figura 1** - Evolução dos requisitos de aeronavegabilidade associados à fadiga de aeronaves categoria transporte.

## 5.2 *Fail-Safe*

A estratégia defendida pela era *Fail-Safe* visa à detecção de falhas óbvias em tempos predeterminados e/ou inspeções em serviço e elimina a vida limite da estrutura, para que com isso se alcance um projeto confiável e seguro durante toda sua vida operacional. Por isso essa era também é intitulada como *Safety-by-Design* - Segurança Por Projeto. Essa era surgiu com a evolução do CAR, onde foi incluído o 4b.270, que tratava do tema de avaliação de fadiga através de duas alternativas, conforme mostra o texto abaixo:

*4b.270 General. The strength, detail design, and fabrication of those portions of the airplane's flight structure in which fatigue may be critical shall be evaluated in accordance with the provisions of either paragraph (a) or (b) of this section.*

*(a) Fatigue strength. The structure shall be shown by analysis and/or tests to be capable of withstanding the repeated loads of variable magnitude expected in service. The provisions of subparagraphs (1) through (3) of this paragraph shall apply.*

*(b) Fail safe strength. It shall be shown by analysis and/or tests that catastrophic failure or excessive structural deformation, which could adversely affect the flight characteristics of the airplane, are not probable after fatigue failure or obvious partial failure of a single principal structural element. After such failure, the remaining structure shall be capable of withstanding static loads corresponding with the flight loading condition specified in subparagraphs (1) and (2) of this paragraph. These loads shall be multiplied by a factor of 1.15 unless the dynamic effects of failure under static loads are otherwise taken into consideration. In the case of a pressure cabin, the normal operating pressures combined with the expected external aerodynamic pressures shall be applied simultaneously with the flight loading conditions specified in this paragraph.*

Em ambas as alternativas eram necessárias demonstrações de cumprimento com a regra por análises ou testes. Desse modo, seria o *Fail-Safe* a estratégia mais segura e mais fácil de ser implementada, por isso foi a mais utilizada nos anos 60 e 70. Porém, no final dos anos 60, essa estratégia começou a ser repensada, e o que influenciou essa tomada de decisão foi o acidente causado por fadiga estrutural, na aeronave F-111 (Wanhill, 2002). Este avião, criado para atender a Força Aérea dos Estados Unidos, tinha uma geometria inovadora e os principais componentes da estrutura eram aços de alta resistência, sendo assim, era considerada uma aeronave resistente e segura. Entretanto, em Dezembro de 1969, com apenas 107 horas de voo, um F-111 perdeu a semiasa esquerda em um voo de treinamento de baixo nível, onde carregava menos da metade do fator de carga limite permitido no projeto.

Após investigações, encontraram uma falha na estrutura inferior da semiasa esquerda. Essa falha tinha se desenvolvido durante a fabricação e apesar de não ser tão pequena, não foi detectada, pois se localizava em local de difícil acesso, ou seja, não era uma falha óbvia.

Surge assim uma grande preocupação com o conceito do Safety-by-design e na conclusão de muitas pesquisas realizadas na época, abordadas por Maxwell (1973) e por O'Brien *et.al.* (1973), outras diretrizes foram tomadas a fim de garantir a integridade estrutural das aeronaves, principalmente as preocupações com relação o conceito *Fail-Safe* predizer que o dano deve ser óbvio. Apareceu então, a preocupação em inspecionar a estrutura da aeronave - essa nova abordagem ficou conhecida como *Damage-Tolerance*. Na aviação militar, a força aérea estadunidense emitiu a norma militar MIL-83444 (1974), que incorporava a filosofia *damage tolerance*.

### 5.3 **Damage Tolerance**

Uma nova era se iniciou, por meados de 1970. O CAR, agora chamado de CFR (*Code of Federal Regulations*), foi reavaliado, levando em consideração as experiências negativas com os aviões certificados na era *Fail-Safe*. E na emenda 25-45 do 14 CFR *Part 25*, nasce o conceito de *Damage Tolerance* (Tolerância ao Dano) para aeronaves civis, que exigia ao requerente avaliar toda a estrutura nas áreas possíveis de se propagarem falhas por fadiga e com base nos resultados dessas avaliações, fazer inspeções destinadas a impedir qualquer falha catastrófica durante a vida operacional da aeronave.

Nessa era a estratégia de segurança por aposentadoria ainda estava em vigor, pois ainda era preestabelecido um limite operacional de alguns componentes. Porém, a era *Damage Tolerance* defendia a estratégia de *Safety By Inspection* (Segurança por Inspeção), pois sua estratégia principal era obter uma aeronave segura através da obrigatoriedade de inspeções. Além disso, essa abordagem se difere do *Fail-Safe* em outros aspectos, entre eles, dizia que deveria ser considerado o surgimento de falhas iniciais na estrutura.

Embora a abordagem do *Damage Tolerance* tenha sido eficaz para garantir a segurança estrutural de uma aeronave por um longo tempo, não foi a última palavra sobre a concepção para a integridade estrutural.

Nessa mesma era, em 28 de Abril de 1988, um Boeing 737-200 operado pela Aloha Airlines, sofreu uma descompressão na cabine de passageiros (Wanhill, 2002), o que causou uma desintegração de parte do topo da fuselagem, em pleno voo, devido a presença de trincas em vários pontos de uma junta de revestimento – onde falhas no adesivo estrutural acarretou o aumento de tensões de cisalhamento nos rebites. Esse dano por fadiga, onde se formam trincas em vários locais de um mesmo elemento estrutural é conhecido pelo termo *Multiple Site Damage* (MSD). Este evento, e ações relacionadas, dá o início a era subsequente a *Damage Tolerance*.

### 5.4 **WFD**

Essa era começou em 1998, com a alteração no CFR 14 – Part. 25, o qual incluiu a emenda 25-96. Essa alteração foi feita pela autoridade de aviação civil estadunidense (FAA), como efeito de ações que se seguiram após o acidente do Aloha.

Uma mudança importante, no requisito, mas não substancial foi feito com a substituição da frase:

*“Damage at multiple sites due to prior fatigue exposure must be included where the design is such that this type of damage can be expected to occur.”;*

por esta:

*“Special consideration for widespread fatigue damage must be included when the design is such that this type of damage could occur.”*

Em ambos os casos, o requerente deve considerar a possibilidade de trincas simultâneas por fadiga em vários locais. Porém, essa ideia só foi explicitamente incluída na emenda 25-96 do 14 CFR Part 25, e nomeada como *Widespread Fatigue Damage* (WFD), que significa, danos generalizados por fadiga.

Existem dois tipos de WFD, o *Multiple Site Damage* (MSD) – que causou o acidente do Aloha Airlines Boeing 737 – onde trincas por fadiga ocorrem em vários locais em um mesmo elemento estrutural; e o *Multiple Element Damage* (MED), que é caracterizado pela presença simultânea de trincas de fadiga nos elementos estruturais adjacentes, de acordo com as definições da AC 120-104 (FAA, 2011).

Os estudos a fim de se evitar o WFD, devem ser feitos de maneira minuciosa, pois os resultados dessa abordagem são falhas súbitas e catastróficas.

Prevenir o WFD requer a identificação das áreas sujeitas a esse dano, com base em ensaios e experiência em serviço; posterior avaliação dos resultados dos testes em escala real, análises, avaliação das possibilidades de inspeção; e ações obrigatórias de manutenção (reparação e substituição). No entanto, vale ressaltar que durante essa era, volta-se a dar atenção à estratégia do *Safety By Retirement*. O *Safety-By-Inspection* ainda continua a estratégia de maior destaque no gerenciamento de fadiga na estrutura, porém a questão da vida limite de alguns componentes ainda está em vigor. Entretanto, em casos onde a inspeção é algo impraticável, utilizam a estratégia *Safe-Life* (segurança por aposentadoria) - por exemplo, na estrutura do trem de pouso.

### 5.5 **LOV**

Estudos mais avançados, concluíram que somente o prescrito na regra do WFD não era o mais adequado, pois a exigência de se estabelecer uma vida limite à estrutura e seus componentes tinha uma relevante importância. E então, por meados de 2011, surgiu o termo *Limity of Validity* (LOV), usado até os dias hoje. O LOV engloba conhecimentos do *Damage Tolerance* e WFD,

pois requer ensaios, análises de áreas sensíveis a propagação de trincas, experiências em serviço, entre outros estudos, para que com isso se estabeleça uma vida limite da estrutura, onde seja demonstrado que o WFD não ocorrerá. Na definição correta do termo é o limite de validade dos dados de engenharia que suportam o programa de manutenção estrutural. Depois que se estabeleceu um LOV, este pode ser estendido com base em ensaios e análises adicionais.

O surgimento desse termo nos leva a retroceder ao conceito elementar do *Safety By Retirement* na era do *Safe-Life*, nos dando a ideia de um ciclo nos requisitos relacionados à fadiga.

## 6 EVENTOS HISTÓRICOS

Os principais acidentes aeronáuticos relacionados a fadiga de aeronaves são os do Comet, do F-111, e do Aloha. Os três são aqui brevemente descritos. Wanhill (2002) traz uma descrição completa destes eventos, sendo uma das referências utilizada para este capítulo.

### 6.1 Comet

O DeHavilland Comet entrou em operação em 1952, foi o primeiro jato comercial de transporte. Possuía um diferencial de pressão da cabine e um desempenho muito superior aos aviões de transporte da época.

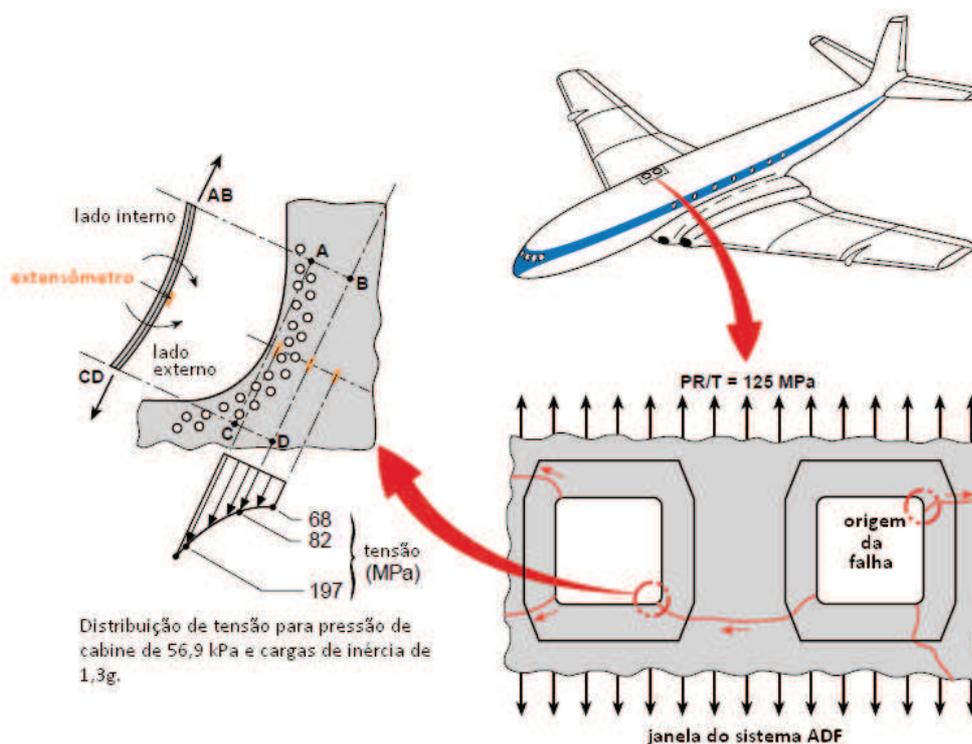
Após dois anos em operação, dois desses jatos se desintegraram enquanto subiam para o nível de cruzeiro, o Comet G-ALYP, em 10 de Janeiro de 1954 e o Comet G-ALYY em 8 de Abril de 1954. Extensas investigações seguiram e foram feitos vários testes. Foi realizado um teste de fadiga, em escala real, uma fuselagem foi submersa em um grande tanque, onde a água era bombeada para dentro do avião, simulando assim, vários ciclos de pressurização da cabine.

Na fuselagem do Comet, existiam várias discontinuidades geométricas, por exemplo, janelas de formatos retangulares e escotilhas de fuga. Medidores de tensões foram instalados próximos às áreas dos cantos das janelas e escotilhas, a fim de aprofundarem estudos sobre a propagação de trincas nessas áreas.

Esses testes revelaram que as trincas nasciam nos furos escareados das cravações próximos às janelas e escotilhas. As medições dos extensômetros indicaram que as tensões nesses locais atingiram seus valores de pico na borda e que perto da linha externa do rebite a tensão era cerca da metade daquela observada na borda. A presença de furos afiados resultou em um campo de tensão elevado que pode ter aumentado ainda mais a tensão localmente.

Após esse evento catastrófico, os aviões passaram a adotar janelas com cantos arredondados, para assim reduzir a concentração de tensão.

A figura 2 mostra a origem da falha nos Comet.



**Figura 2** - Origem da falha da aeronave Comet G-ALYP (Wanhill, 2002).

## 6.2 **F-111**

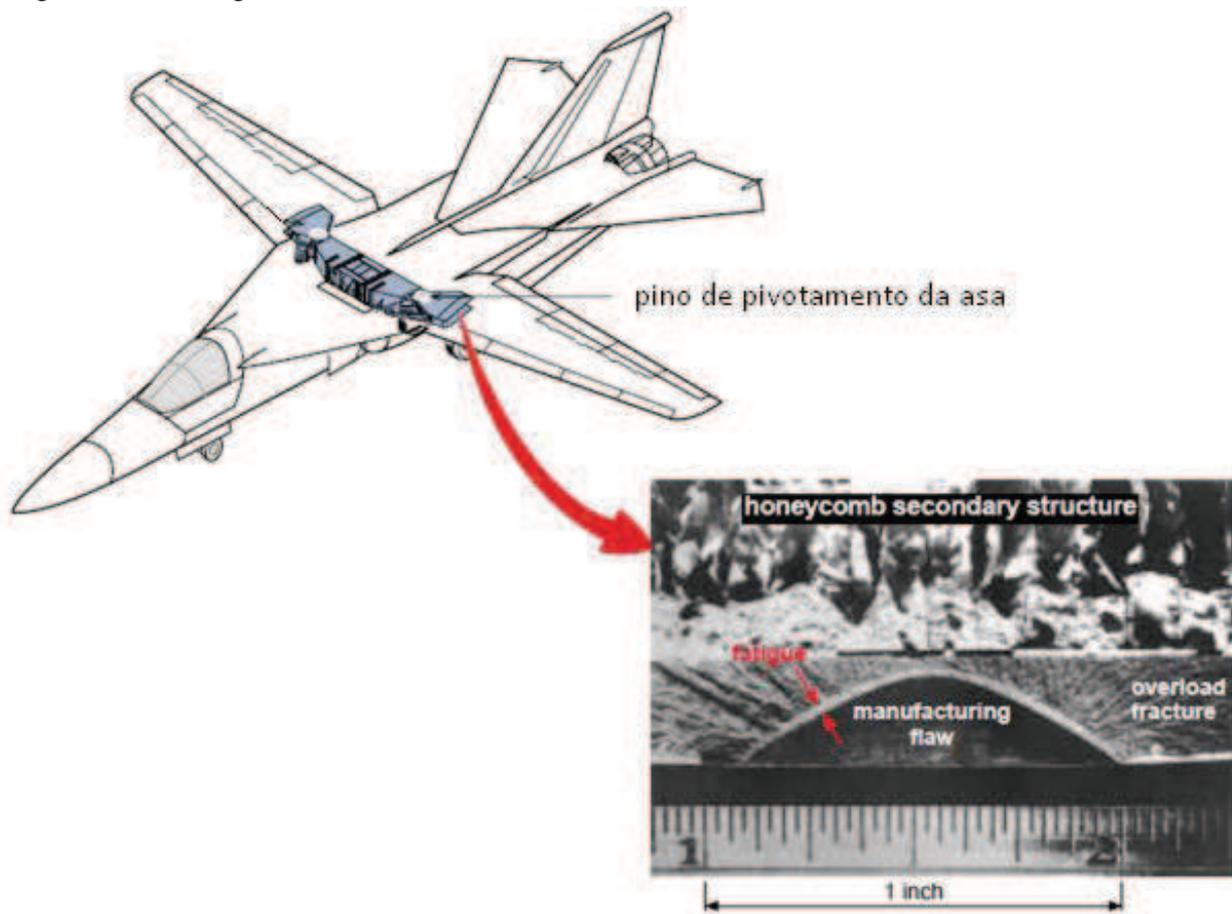
Em 1964, a General Dynamics Corporation começou a produzir a aeronave F-111, que seria adquirida pela Força Aérea dos Estados Unidos e outras. Essa aeronave possuía uma geometria diferenciada, asas móveis e seus principais componentes estruturais eram de aço de alta resistência, o que aumentava ainda mais a confiança na força desse avião (Buntin, 1977).

Em Dezembro de 1969, com um pouco mais de um ano em operação, uma aeronave da frota perdeu parte de sua asa esquerda durante um voo de baixo nível, enquanto a aeronave carregava menos da metade da carga limite imposta no projeto e com apenas 107 horas de voo.

Investigações mostraram que durante a fabricação e montagem da estrutura, uma falha tinha se desenvolvido e não foi detectada, apesar do tamanho considerável: 23,4 mm X 5,9 mm.

Apesar deste acidente ter sido considerado um caso raro, também foram encontrados outros problemas de fadiga durante as pesquisas, que serviram como impulso para outros estudos e alterações nos requisitos que asseguram a integridade estrutural de aeronaves.

A figura 3 ilustra a origem da falha da aeronave F-111.



**Figura 3** - Origem da falha da aeronave F- 111 #94: uma falha de manufatura na placa inferior de aço de alta resistência da ferragem esquerda do pivotamento da asa (Wanhill, 2002).

## 6.3 **Aloha**

Em 28 de Abril de 1988, um Boeing 737-297 fazia o voo 243 da companhia Aloha Airlines, nas ilhas havaianas. Era o nono voo daquele dia, descrito minuciosamente no relatório oficial produzido pelo National Transportation Safety Board - NTSB, 1989, foi um voo de 35 minutos, partindo do aeroporto de Hilo em direção a Honolulu, e enquanto subia até a altitude de cruzeiro sofre uma súbita descompressão na cabine de passageiros e perdeu 35 metros quadrados da sua fuselagem.

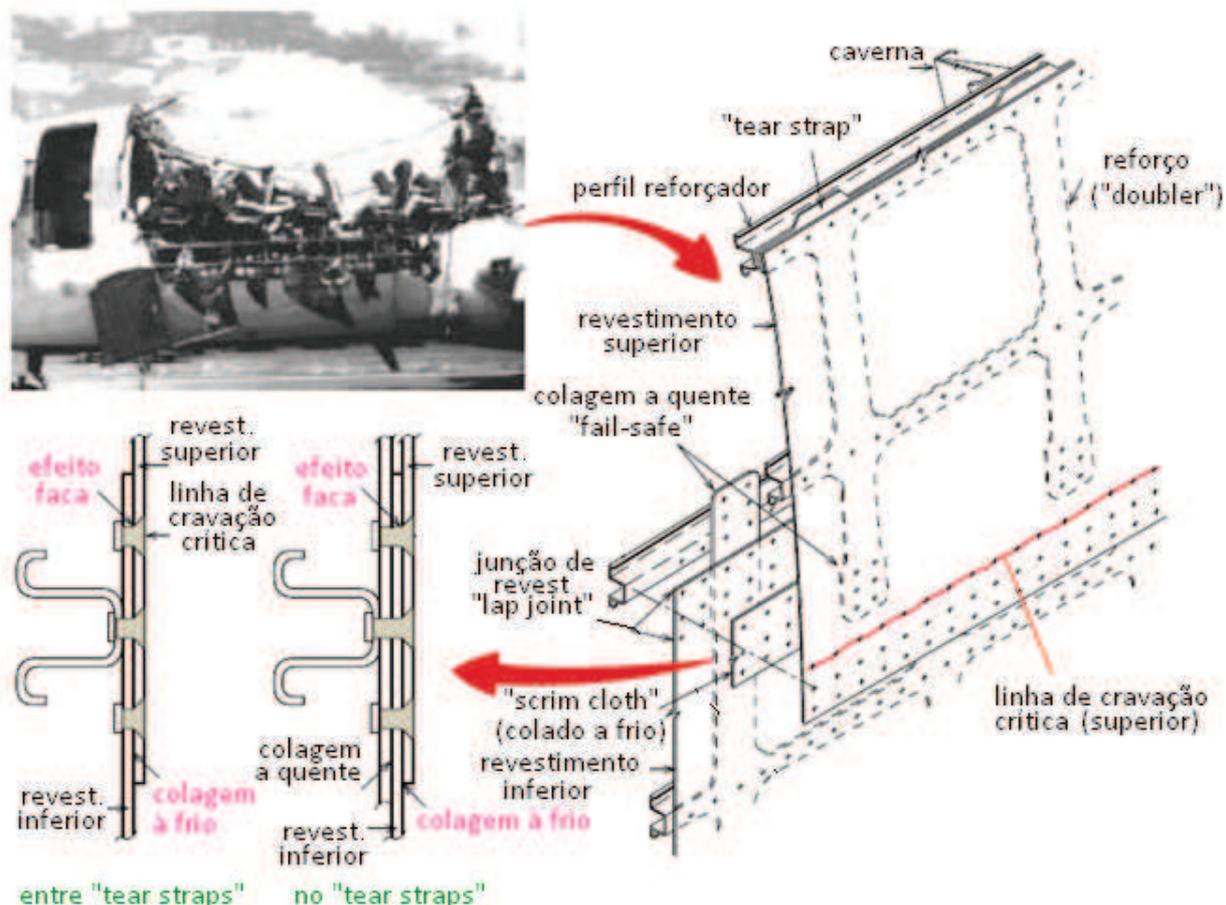
Os pilotos conseguiram pousar com segurança no Aeroporto de Kahului e salvar todos os noventa passageiros, que estavam presos em seus cintos de segurança, e quatro tripulantes, exceto uma aeromoça que foi sugada para fora.

Esse Boeing fazia muitos voos curtos pelas ilhas e já tinha acumulado 89.680 ciclos de voo (descolagens e aterrissagens) no momento do acidente, sendo que os Boeings da época tinham sido projetados para uma vida operacional de 75.000 ciclos. A fuselagem do Boeing 737-297 era dividida em quatro seções, construídas de cavernas circunferenciais e longarinas longitudinais e eram cobertas por painéis de alumínio rebitados a estrutura. Esses painéis eram sobrepostos e unidos longitudinalmente por uma emenda de três polegadas, feita com resina epóxi e cravada com três fileiras de rebites escareados. Intensas investigações foram feitas e de acordo com os resultados publicados no NTSB concluíram que devido ao ambiente corrosivo a resina epóxi se

descolou, deste modo os rebites ficaram sobrecarregados e trincas surgiram nos furos. Esses furos escareados geravam uma concentração de tensões, deixando o local mais susceptível à fadiga. As trincas que se originaram nos furos cresceram rapidamente e resultaram na grande falha catastrófica.

A figura 4 ilustra os aspectos estruturais associados à falha no Aloha.

Este acidente é provavelmente o caso mais estudado quando o assunto é fadiga de aeronaves, tendo diversos artigos a respeito na literatura (John Downer, 2010), e abriu os olhos da comunidade da aviação (fabricantes de aeronaves e autoridades de aviação civil) para o envelhecimento de aeronaves – Goranson (1993), ATSB - Australian Transport Safety Bureau (2007), Mar (1991).



**Figura 4** - Aspectos estruturais do acidente do Boeing 737 Aloha: MSD ocorreu na linha de cravação crítica, a partir do efeito faca em rebites desta linha de cravação (Wanhill, 2002).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a estratégia principal de cada fase da evolução, vimos que a primeira ideia imposta no *Safe-Life* esteve presente em todos os outros períodos subsequentes, porém de modo mais sutil. Entretanto, essa estratégia de predeterminar um limite de vida operacional aos componentes e à estrutura foi se aprimorando em cada fase, e voltou a ganhar forças com a atual era LOV. Como resultados desse trabalho, podemos entender que as principais alterações a partir do CAR 4, foram a adição de alguns aspectos relevantes, tais como: análises de falhas (falhas óbvias); avaliação da estrutura (inspeção) em áreas mais susceptíveis à fadiga; consideração de possíveis falhas e falhas simultâneas na estrutura; entre outros.

## 8 CONCLUSÃO

Explorando os estudos feitos para este trabalho, pode-se concluir que houve um amadurecimento significativo nos requisitos que abordam o tema de fadiga e que até hoje é um assunto de suma importância para a segurança aeronáutica.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 25**: Requisitos de aeronavegabilidade: aviões categoria transporte. Brasília. 2014. 300 p.
- ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration (FAA). **Advisory Circular AC 25.571-1D**: Damage Tolerance and Fatigue Evaluation of Structure. Washington. 2011. 41 p.

- ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration (FAA). **Advisory Circular AC 120-104**: Establishing and Implementing Limit of Validity to Prevent Widespread Fatigue Damage. Washington, EUA. 2011. 82 p.
- AUSTRÁLIA. Australian Transport Safety Bureau (ATSB). **Aviation Research and Analysis Report - B20050205**: How Old is Too Old? The impact of ageing aircraft on aviation safety. [S.l.: s.n.], 2007. 78 p.
- BUNTIN, W. D. Application of fracture mechanics to the F-111 airplane. In: AGARD CONFERENCE ON FRACTURE MECHANICS DESIGN METHODOLOGY, **Proceedings...** França. 1977. p. 3-1 – 3-12.
- EASTIN, R.G. A Critical Review of Strategies Used to Deal with Metal Fatigue. In: 22nd SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL COMMITTEE ON AERONAUTICAL FATIGUE. **Proceedings...** Lucerne, Suíça, p. 163-187. 2003.
- SMITH F. The use of composites in aerospace: past, present and future challenges. ROYAL AERONAUTICAL SOCIETY. [S.l.: s.n.], Disponível em: <[http://aerosociety.com/Assets/Docs/Events/693/Presentations/\(7\)DrFayeSmith.pdf](http://aerosociety.com/Assets/Docs/Events/693/Presentations/(7)DrFayeSmith.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2014.
- ESTADOS UNIDOS. **Code of Federal Regulations, Title 14 - Aeronautics and Space, Part 25** - Airworthiness standards: transport category airplanes. Washington. 2014.
- MAR, J. W. Structural integrity of aging airplanes: a perspective. In: ATLURI, S. N.; SAMPATH S. G.; TONG P. **Structural Integrity of Aging Airplanes**. Berlim, Alemanha: Springer-Verlag, 1991. p. 241-262
- DOWNER J. **Anatomy of a Disaster**: Why Some Accidents Are Unavoidable. 2010. 31 p. Discussion Paper - Centre for Analysis of Risk and Regulation, London School of Economics and Political Science, Londres, Reino Unido. 2010.
- MAXWELL, R.D.J. Fail-Safe Philosophy: An Introduction to the Symposium. In: 7th ICAF SYMPOSIUM. **Proceedings...** Londres, Reino Unido. 1973.
- ESTADOS UNIDOS. **Military Specification MIL-A-83444 (USAF)**: Airplane Damage Tolerance Requirements. 1974
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board (NTSB). **Aircraft Accident Report**: Aloha Airlines Flight 243, Boeing 737-200, N73711, Near Maui, Hawaii, April 28, 1988. NTSB, Washington, DC, 1989. 295 p.
- O'BRIEN, K. et al. The Impact of Long Service the Fatigue of Transport Aircraft: Airworthiness Aspects. In: ICAF SYMPOSIUM, 7., 1973, Londres. **Proceedings...** Londres: Rae, 1973.
- WANHILL, R. J. H.. Milestone Case Histories in Aircraft Structural Integrity. In: ELSEVIER SCIENCE (Holanda). **Comprehensive Structural Integrity**. Amsterdã: Elsevier Science, 2002. p. 61-72.
- EASTIN R. G.; SIPPEL W. **The "WFD Rule" – Have We Come Full Circle?**. Baltimore. 2002.
- S. SWIFT; GNATS AND CAMELS. Proceedings for the 1999 (Seattle) ICAF, Vol. 2, p. 685. U G Goranson. **Damage tolerance - facts and fiction**, 14th Plantema Memorial Lecture, Durability and Structural Integrity of Airframes (ed. A F Blom), Vol. I, pp. 33-105, Engineering Materials Advisory Services Ltd., Warley, Reino Unido. 1993.