



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**PEDRO FERREIRA MONTEIRO**

**A INFLUÊNCIA DE FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES**

**Palhoça**

**2018**



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**PEDRO FERREIRA MONTEIRO**

## **A INFLUÊNCIA DE FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Profª. Dra. Conceição Aparecida Kindermann

Palhoça  
2018

**PEDRO FERREIRA MONTEIRO**

**A INFLUÊNCIA DE FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 05 de novembro de 2018.

---

Profª. Orientadora Conceição Aparecida Kindermann, Dra.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Profª. Dra. Patricia da Silva Meneghel  
Universidade do Sul de Santa Catarina

## RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do elemento humano nas práticas de manutenção em aeronaves. Para tal, utilizou-se, em relação à metodologia, a pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa. Em seu embasamento teórico, foram pesquisados importantes autores relacionados aos estudos acerca dos Fatores Humanos, como Scott A. Shappell (2000), Douglas A. Wiegmann (2000), Robert L. Helmreich (2000), James T. Reason (1995) e Mario Cesar Vidal (1999). Foram utilizados também dados provenientes de diversos órgãos, como da Comissão Nacional de Fadiga Humana e HFACS, além de documentos de instituições como a FAA, a ICAO e artigos recentes do CENIPA. Conforme a análise dos dados, foi possível perceber que o ser humano estará sempre propenso a cometer erros. E, como as práticas de manutenção dependem do ser humano, logo, tanto a manutenção perfeita, quanto qualquer equívoco nela existente, são resultantes da variabilidade humana. O resultado final, seja ele de sucesso, ou não, nas práticas de manutenção em aeronaves, estará sempre atrelado ao fator humano, sendo em grande parte, responsável, direta ou indiretamente, pela qualidade dos componentes e sistemas que permitem voar.

Palavras-chave: Fatores Humanos. Manutenção de aeronaves. Segurança de Voo.

## **ABSTRACT**

This research aims to evaluate the influence of the human element on aircraft maintenance practices. For this, the descriptive research, with a qualitative approach, was used in relation to the methodology. In this paper, we have investigated important authors related to studies on human factors, such as Scott A. Shappell (2000), Douglas A. Wiegmann (2000), Robert L. Helmreich (2000), James T. Reason (1995) and Mario Cesar Vidal (1999). Data from various agencies, such as the National Fatigue and HFACS Commission, as well as documents from institutions such as the FAA, ICAO and recent CENIPA articles were also used. According to the analysis of the data, it was possible to perceive that the human being will always be prone to make mistakes. And since maintenance practices depend on the human being, therefore, both perfect maintenance and any misunderstanding in it are the result of human variability. The result, whether successful or not, in aircraft maintenance practices, will always be linked to the human factor, being largely responsible, directly or indirectly, for the quality of the components and systems that allow flying.

Keywords: Human Factors. Maintenance of aircraft. Flight Safety.

## LISTA DE SIGLAS

CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CNFH	Comissão Nacional de Fadiga Humana
CRM	Corporate Resource Management
FAA	Federal Aviation Administration
HFACS	Human Factor Analysis and Classification System
HUMS	Health and Usage Monitoring System
IATA	International Air Transportation Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
NSCA	Norma do Sistema do Comando da Aeronáutica
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA	9
1.2	OBJETIVOS	9
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b>	<b>9</b>
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>9</b>
1.3	JUSTIFICATIVA	10
1.4	METODOLOGIA	11
1.4.1	<b>Natureza e tipo de pesquisa</b>	<b>11</b>
1.4.2	<b>Materiais e métodos</b>	<b>11</b>
1.4.3	<b>Procedimentos de coleta de dados</b>	<b>12</b>
1.4.4	<b>Procedimentos de análise dos dados</b>	<b>12</b>
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	12
<b>2</b>	<b>BREVE INTRODUÇÃO AOS FATORES HUMANOS</b>	<b>14</b>
2.1	ERRO HUMANO	15
2.2	MODELO REASON	16
2.3	MODELO SHELL	18
<b>3</b>	<b>FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO</b>	<b>20</b>
3.1	CAUSAS DE FALHAS DE MANUTENÇÃO	20
3.2	CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS DE MANUTENÇÃO	24
<b>4</b>	<b>ERGONOMIA</b>	<b>26</b>
4.1	ERGONOMIA FÍSICA	27
4.2	ERGONOMIA COGNITIVA	28
<b>5</b>	<b>CONCEITO E APLICAÇÃO DO CRM</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>ACIDENTES OCACIONADOS PELO ERRO DE MANUTENÇÃO</b>	<b>33</b>
6.1	ACIDENTE DO BOEING 747 DA JAPAN AIRLINES EM 1985	33
6.2	ACIDENTE DO AS-350 DO CORPO DE BOMBEIROS DO PARÁ EM 2012	35
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
	REFERÊNCIAS	40

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da aviação, a relação homem-máquina se faz presente como elemento indispensável. No início, a preocupação era centralizada unicamente na realização de um sonho antigo dos seres humanos: voar. O ousado desejo de contrariar uma das primeiras e básicas leis da física nos exigiu muito planejamento, esforço e persistência.

Quando alcançado tal objetivo, diversas tecnologias foram e são até hoje desenvolvidas para nos propiciar a locomoção por meio aéreo. Num primeiro momento, para utilização em guerras, quando estes períodos sombrios se fizeram de grande importância no desenvolvimento tecnológico. Algum tempo depois, também para transporte de passageiros e cargas, sendo hoje, um dos principais meios de transporte no mundo e, estatisticamente, o mais seguro.

Porém, a preocupação com a segurança no transporte aéreo não acompanha a trajetória da aviação desde seu início. Sendo a Segurança de Voo um assunto relativamente novo, quando comparado à história da aviação, e ao estudo de alguns fatores que exercem influência direta sobre ela mais recentes ainda, como a interferência do fator humano, esta pesquisa contemplará, de forma significativa, uma contribuição no que determina a influência de fatores humanos, especialmente, na manutenção de aeronaves.

O estudo do fator humano na manutenção é algo recente no contexto aeronáutico, pois antigamente a atenção era voltada apenas a pilotos e controladores de voo no que se refere à investigação e prevenção de acidentes decorrentes destes fatores. Mas, com o passar do tempo, observou-se também a importância do estudo para atividades realizadas em hangares e oficinas. Portanto, esta pesquisa tem o intuito de responder a algumas questões acerca dos fatores humanos na manutenção aeronáutica.

Qual a influência do elemento humano nas práticas de manutenção em aeronaves? Quais os fatores humanos contribuintes para a ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos no que se refere a falhas de manutenção? E como estes acidentes e incidentes podem ser evitados ou mitigados?

Estes três questionamentos, que contarão com respostas embasadas nos estudos de autores como o psicólogo James T. Reason, autor da teoria do “Queijo Suíço”, também como o professor Robert L. Helmreich, famoso pelas suas pesquisas acerca dos fatores humanos na manutenção, entre outros que contribuíram e contribuem até hoje para o desenvolvimento do



tema, são os responsáveis por nortear toda a base da pesquisa, e o estudo é direcionado com a finalidade de esclarecer cada uma destas questões com o intuito de colaborar com a pesquisa e desenvolvimento dos meios de segurança na aviação, especificamente, referindo-se à manutenção de aeronaves.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Qual é a influência do elemento humano nas práticas de manutenção de aeronaves?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do elemento humano nas práticas de manutenção de aeronaves.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais modelos teóricos de Fatores Humanos;
- Identificar as principais causas e consequências de falhas de manutenção em aeronaves;
- Explicar o conceito e a aplicação do CRM em prol da Segurança de Voo;
- Avaliar a influência da ergonomia na manutenção de aeronaves;
- Analisar alguns exemplos de acidentes e incidentes aeronáuticos causados por falha de manutenção.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Tanto os acidentes quanto os incidentes se fazem presentes em nosso dia a dia desde o princípio da humanidade. A estreita relação homem-máquina requer uma atenção especial no que se refere à prevenção dos mesmos. Sendo a fisiologia humana muito complexa, vários fatores que podem interferir no processo de tomada de decisão serão tratados nesta pesquisa.

Um acidente aeronáutico não pode ser atribuído a uma única causa, mas a uma série de fatores e circunstâncias que levam ao desastre aéreo, fazendo do “erro humano” um dos principais fatores contribuintes, presente na maioria dos casos. (REASON, 1990; SHAPPELL; WIEGMANN, 1997).

Assim como a operação, a manutenção de aeronaves conta com pessoas por trás de qualquer processo, seja ele desde a prática de manutenção, propriamente dita, descrita nos manuais, até a elaboração destes mesmos documentos, boletins e diretrizes que regem as ações dos técnicos.

Segundo a Administração Federal da Aviação dos Estados Unidos da América, o termo “Fatores humanos” é agora um “conceito bem conhecido e compreendido em todas as ocupações da aviação. No entanto, ele deve continuar evoluindo para acompanhar os desafios em constante evolução”. (FAA, 2014).

Partindo deste princípio, este projeto pretende contribuir na avaliação da influência do elemento humano nas práticas de manutenção em aeronaves.

O estudo é voltado para técnicos, inspetores, supervisores, engenheiros e toda a comunidade ligada direta ou indiretamente às atividades de manutenção aeronáutica e será baseado em fundamentos técnicos, de manutenção e da fisiologia humana, estudos do comportamento humano de acordo com princípios da psicologia e em alguns eventos ocorridos baseados em deficiências do desempenho humano na manutenção.

Conforme analogia trazida pela FAA, “conhecer e aplicar os princípios de Fatores Humanos para garantir uma cultura de trabalho segura é como um atleta que pratica um esporte através do condicionamento contínuo e da repetida prática adequada”. (FAA, 2014).

O estudo sobre os Fatores Humanos na manutenção tem o intuito de compreender e analisar quais os elementos humanos contribuintes para os acidentes e incidentes aeronáuticos decorrentes de falhas humanas nas atividades dos técnicos em pátios, oficinas e hangares e muitas das possíveis formas de prevenção em prol da segurança de voo.

Portanto, esta pesquisa traz contribuições para a área, sendo mais uma ferramenta de apoio disponível para todo aquele que tenha interesse ou o dever de lidar com manutenção

de aeronaves na busca pela excelência do serviço prestado através de uma melhor formação da cultura de segurança para as pessoas que compõem a manutenção aeronáutica.

## 1.4 METODOLOGIA

### 1.4.1 Natureza e tipo de pesquisa

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser definida como descritiva, por identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, no caso, acidentes ou incidentes aeronáuticos causados pelo fator humano.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, por buscar conhecimento por meio de raciocínio de causa e efeito, hipóteses e questões, mensuração de variáveis e observação de teorias que levam a ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos causados por erro humano nos processos de manutenção.

### 1.4.2 Materiais e métodos

A presente pesquisa conta com o auxílio de diversos estudos sobre a análise do elemento humano e sua influência nos diversos aspectos ocasionadores de acidentes e incidentes aeronáuticos, sendo eles:

Estudos e monografias realizadas por estudantes e profissionais da área;  
Documentos e diretrizes da International Civil Aviation Organization (ICAO);

Arquivos e manuais da Federal Aviation Administration (FAA);  
Arquivos e documentos do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA);

Estudos e artigos científicos acerca dos fatores humanos, com ênfase na aviação, de autores como Vidal, Helmreich e Reason.

### **1.4.3 Procedimentos de coleta de dados**

Quanto aos procedimentos técnicos, o procedimento utilizado é o documental e bibliográfico, tendo como base materiais já elaborados, constituídos principalmente de livros e artigos científicos. Também por tratar da análise de acidentes aéreos, tendo o CENIPA como fonte de dados. Da mesma forma, segundo Antônio Carlos Gil, esta forma vale-se também de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa. (GIL, 2002).

### **1.4.4 Procedimentos de análise de dados**

A análise dos dados foi feita a partir do fichamento de leituras e posterior análise, obtidos através desta pesquisa, por meio de diferentes fontes, como arquivos e documentos do CENIPA, FAA, estudos de profissionais da área e artigos científicos acerca dos fatores humanos na manutenção de aeronaves.

Esta análise buscou compreender o significado dos dados coletados e também tem o objetivo de facilitar o entendimento destes conteúdos, sintetizando-os com o intuito de explicar acerca da influência dos fatores humanos para atividades de manutenção em aeronaves em hangares e em linha, de forma que a causa raiz de acidentes e incidentes aeronáuticos sejam analisadas também por influência deste fator, presente em toda e qualquer atividade humana.

## **1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

A presente pesquisa é composta por sete capítulos. A mesma inicia com a apresentação do trabalho. No segundo capítulo, faz-se uma breve introdução aos Fatores Humanos em geral, em que é analisado o aspecto do erro humano e são apresentados os dois principais modelos para estudos acerca destes fatores.

O terceiro capítulo explica algumas causas de falhas de manutenção ocasionadas pelo aspecto humano, acarretados por fatores como o estado físico e psicológico do indivíduo e seus ambientes, de trabalho e organizacional, além de mostrar algumas possíveis consequências dessas falhas.

O quarto capítulo conceitua alguns aspectos da Ergonomia e como a mesma influencia nos processos de tomada de decisão e atitude, exemplificando características específicas do trabalho do mecânico de aeronaves.

O quinto capítulo traz o conceito e aplicação do CRM, sendo este um exemplo prático da metodologia de segurança aplicada, como uma boa alternativa para evitar ou mitigar os erros causados pelo elemento humano.

No sexto capítulo, é feita uma breve análise de acidentes ocasionados pelo erro humano especificamente na manutenção de aeronaves, para que, desta forma, seja possível visualizar como a somatória dos fatores estudados podem culminar em acidentes.

Por último, são apresentadas as considerações finais, seguidas das referências.

## 2 BREVE INTRODUÇÃO AOS FATORES HUMANOS

O estudo acerca dos Fatores Humanos é algo recente quando comparado à história da aviação. Seu desenvolvimento é contínuo, sendo notável sua evolução ao longo do tempo, assim como a certeza de que ainda há muitos aspectos a serem estudados e disseminados. Para tal, faz-se necessário a compreensão de suas origens.

Assim como a Ergonomia, os estudos sobre a influência dos Fatores Humanos tiveram início em períodos de guerra, mais precisamente durante a Segunda Grande Guerra, quando aviões de combate mais eficazes foram construídos, voando mais rápido, em maiores altitudes e com maior poder de fogo. Uma grande evolução para a máquina, mas os projetos não foram pensados nos operadores, ou seja, nos pilotos. Na época, houve grandes perdas, como penitência, pelos engenheiros não levarem fatores como a mudança brusca de pressão, desorientação, falta de oxigênio e interfaces precárias em consideração na elaboração dos projetos. Durante a guerra, a perda material era importante, mas a perda de um piloto treinado também representava uma grande baixa, pois seu treinamento levava um bom tempo até que estivesse apto a combater. (VIDAL, 1999).

Com o objetivo de melhorar a eficácia combativa, conforto e segurança dos combatentes, foram criados, na Inglaterra e nos Estados Unidos, grupos que contavam com a participação de psicólogos, engenheiros e médicos. (VIDAL, 1999).

Da mesma forma, de acordo com o professor Mario Cesar Vidal (1999), esses grupos trabalharam para “adaptar veículos, aviões e demais equipamentos militares às características físicas e psicofisiológicas dos soldados, sobretudo em situações de emergência e de pânico”. (VIDAL, 1999, pág. 10).

Posteriormente, os mesmos cientistas que participaram deste projeto durante a guerra, decidiram trazer a mesma filosofia para a produção civil, aproveitando os métodos, técnicas e dados obtidos na guerra para a indústria. (VIDAL, 1999).

Esta corrente formada, até os dias de hoje, se baseia em procedimentos que vão de experimentos em laboratório até às mais modernas técnicas de simulação, visando sempre a melhor relação possível entre pessoas e sistemas técnicos. (VIDAL, 1999).

Ainda, de acordo com este autor, nasce em 1947 a primeira sociedade de Ergonomia do planeta, a Ergonomics Research Society, e é formada a corrente de ergonomia chamada de Fatores Humanos, que desde então tem buscado responder perguntas acerca do elemento humano e o que pode ser empregado nos projetos de instrumentos, dispositivos e sistemas.

## 2.1 ERRO HUMANO

O erro humano pode ser definido como qualquer ação humana que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites de desempenho são definidos pelo sistema no qual o ser humano está inserido. (KIRWAN, 1994, apud PAIVA; SANTOS, 2009).

Partindo deste princípio, o erro humano deve considerar os limites e as ações específicas envolvidas numa determinada tarefa, em um contexto em particular, e deve ser visto como um resultado natural e inevitável da variabilidade humana em interações com um sistema, refletindo as influências de vários fatores pertinentes no exato momento em que as ações são executadas. (PAIVA; SANTOS, 2009).

O erro deve ser considerado uma resultante natural das ações humanas e compreender seu papel em um incidente ou acidente é diferente de simplesmente atribuí-lo a um determinado evento. (LATORELLA; PRABHU, 2000).

Por vezes, ocorrem equívocos técnicos de equipes de manutenção, mas é preciso analisar suas origens, que muitas vezes são remetidas às falhas de projetos, problemas de gestão ou organizacionais e aos erros de operação ou de planejamento relacionados à manutenção. Outros fatores a serem considerados são a falta de capacitação, o tempo curto disponível para manutenções corretivas, as falhas relacionadas à passagem de turno ou de serviço, as informações erradas ou desatualizadas de reparos para a correção de erros de projetos e cumprimento de boletins, além de outras condicionantes operacionais que podem influenciar direta ou indiretamente na ocorrência de acidentes ou incidentes aeronáuticos.

Em culturas onde a liderança tende a ser autocrática, uma comunicação mais aberta pode ser adotada como uma necessidade para evitar erros e armadilhas. O gerenciamento de erros também pode suportar o uso mais cauteloso da automação, pois as atitudes sobre o uso apropriado da automação variam significativamente entre as culturas (SHERMAN; HELMREICH; MERRITT, 1997).

Já, de acordo com os autores Latorella e Prabhu (2000), do departamento de engenharia da Universidade Estadual de Nova Iorque, a reação primária a um erro humano é identificar os mecanismos causais e modificar o sistema em que o ser humano está inserido, de forma que este erro não volte a acontecer. Para isto, é preciso um bom sistema de detecção de erros, capaz de identificar interações complexas, além da suposição de que a variabilidade humana é quase nula. (LATORELLA; PRABHU, 2000).

Existe também a negação de vulnerabilidade ao estresse como fadiga, perigo e problemas pessoais. Nesta questão, a gestão de erro nos possibilita uma abordagem nestes aspectos negativos de cultura profissional de pilotos, mecânicos e demais envolvidos na aviação. (HELMREICH; MERRITT, 1998).

Reason (1990) classifica erros humanos baseados em valores sociais para distinguir entre erros e violações. Erros são, basicamente, desvios involuntários. Violações são desvios de procedimentos operacionais, práticas recomendadas, regras ou padrões que são deliberados.

O autor também distingue entre violações e sabotagem: os infratores pretendem os atos divergentes, mas não o seu potencial para más consequências, mas os sabotadores pretendem tanto o ato de desvio quanto suas más consequências. (REASON, 1990).

Esta pesquisa foi desenvolvida acerca dos erros e violações causadas por falhas de manutenção, desencadeadas pelo Fator Humano.

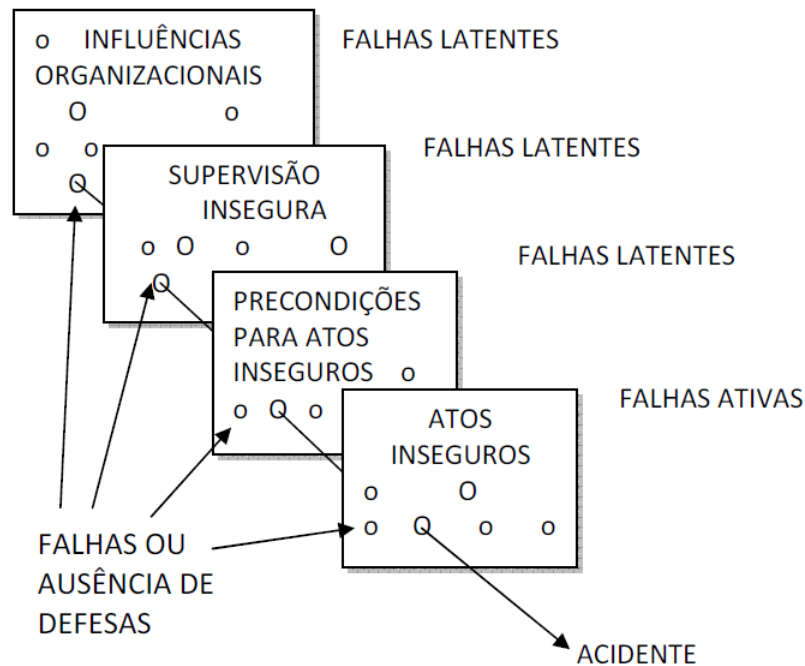
## 2.2 MODELO REASON

Os seres humanos são imperfeitos, portanto, cometem erros, principalmente quando enfrentam situações de estresse e fadiga. Segundo estudos, grande parte dos acidentes que ocorrem em ambientes de alta tecnologia, como no caso da aviação, são desencadeados por múltiplos fatores. (MAURINO; REASON; JOHNSTON; LEE, 1995).

Uma abordagem sobre a gênese do erro humano foi proposta por James Reason em 1990. Mais conhecido como o Modelo "Queijo Suíço" do Erro Humano, Reason descreveu quatro níveis de falhas humanas, cada nível influenciando o nível seguinte.



Figura 1 - O Modelo “Queijo Suíço” das causas de erros humanos.



Fonte: adaptado de Reason (1990)

Segundo este modelo, os acidentes ou incidentes são, em sua maioria, desencadeados pelas ações do pessoal operacional, tais como pilotos, controladores de voo ou técnicos de manutenção de aeronaves. No entanto, estas ações ocorrem no contexto das condições locais, como lacunas encontradas na comunicação, condições de trabalho e equipamentos. O ambiente onde a tarefa é executada inclui os controles de risco, que são feitos através de procedimentos para verificações ou precauções destinadas a gerir os riscos que ameaçam a segurança. Os controles de risco, por sua vez, assim como as condições locais e ações individuais, podem ser influenciados por fatores organizacionais, como a política da empresa ou falhas de supervisão. De acordo com a imagem acima, toda vez que uma barreira falhar, mais um passo é dado na direção contrária a segurança de voo, tornando a possibilidade de um acidente ou incidente cada vez mais eminente. (REASON, 1990; SHAPPELL; WIEGMANN, 1997).

Segundo o professor e psicólogo, são considerados erros humanos ocasiões nas quais ocorrem falhas numa sequência planejada, de atividades físicas ou mentais. (REASON, 1990).

Pode-se afirmar que os sistemas de aviação possuem diversas camadas defensivas, algumas são de engenharia (alarmes, projetos de falha de segurança, sistemas redundantes, funções automatizadas, etc.) e outros que são relativos às pessoas e procedimentos (pilotos,

mecânicos, inspetores, controladores de voo, controle técnico de manutenção, etc.). Apesar de extremamente seguro, como em todo sistema, existem fraquezas no sistema de aviação.

Portanto, a fim de compreender e evitar ou mitigar acidentes aeronáuticos por falhas de manutenção, é necessário traçar uma cadeia de causas através de todos os elementos do sistema, incluindo fatores operacionais, organizacionais, ambientais e humanos, que serão analisados na sequência.

### 2.3 MODELO SHELL

O modelo para estudo dos fatores humanos conhecido como Modelo SHELL, foi desenvolvido inicialmente por Edwards, em 1972, e modificado posteriormente por Hawkins, em 1975. (ICAO, 2003).

De acordo com este modelo, as letras simbolizam:

S – Software (suporte lógico)

H – Hardware (equipamento, máquina)

E – Environment (ambiente)

L – Liveware (elemento humano)

As interfaces entre cada componente (S – H – E) são vinculadas ao componente L (o elemento humano), e devem adaptar-se e ajustar-se a ele, portanto, as interfaces devem encaixar-se perfeitamente de modo que satisfaça o “Liveware”, ou seja, o homem (segundo “L”, o porquê de “SHELL”) e desajustes podem gerar um mau funcionamento do sistema, traduzidos em falhas ou erros humanos.

Segundo definição da Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), o elemento humano é “a parte mais flexível, adaptável e valiosa do sistema aeronáutico, mas é também a mais vulnerável a influências que podem afetar negativamente seu comportamento”. (ICAO, 2003, pág. 1-1).

Apesar das pessoas sofrerem consideráveis variações em termos de desempenho e estarem sujeitas a muitas limitações, grande parte dos fatores que compõe as interfaces são atualmente previsíveis, e uma falha de combinação desses fatores poderá ser uma importante fonte de erro humano.

Segundo a ICAO (2003), para que se alcance esse encadeamento é essencial que haja uma compreensão das características do homem quanto ao seu tamanho físico e forma, necessidades físicas, características de input (sentidos) e output (respostas), processamento de informações e tolerância ambiental.

Portanto, enquanto o modelo de James Reason é voltado para as Organizações, o modelo SHELL é voltado para o indivíduo nos estudos acerca dos fatores humanos e suas influências.

Desta forma, a compreensão do comportamento do indivíduo pode ser possível quando analisados aspectos que, até então, jamais ganharam a devida atenção.

A concepção de ambos modelos possibilita a aplicação prática de técnicas que levam em consideração a interação do profissional com os elementos que o cercam e fazem parte do ambiente em que está inserido, logo, torna possível a identificação dos fatores contribuintes que podem resultar em erros humanos, para que os mesmos possam ser evitados.

### 3 FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO

Este capítulo discorre acerca dos principais aspectos relacionados às causas e consequências de falhas de técnicos em manutenção em aeronaves no exercício da função. A seguir, fatores como pressão, estresse, fadiga e aspectos organizacionais são analisados e, posteriormente, as possíveis consequências de serviços incorretamente executados por falhas humanas, acarretadas por estes fatores.

#### 3.1 CAUSAS DE FALHAS DE MANUTENÇÃO

As causas de falhas humanas na manutenção de aeronaves podem ser identificadas analisando diversos fatores como a fadiga, o ambiente de trabalho em si, e um dos fatores que historicamente possui grande influência e tende a aumentar ainda mais no atual mercado: a pressão de tempo.

Helmreich, um dos mais importantes estudiosos dos Fatores Humanos na aviação, afirma que os erros são inevitáveis, devido os seres humanos operarem sistemas complexos, com maior probabilidade de ocorrência, quando defrontados com situações de estresse, fadiga ou sobrecarga de trabalho. (HELMREICH, 1998).

Convém destacar que os técnicos de manutenção de aeronaves se defrontam com uma série de fatores humanos únicos dentro da aviação. Eles trabalham em um ambiente que é naturalmente mais perigoso, quando comparado ao de outros profissionais, realizando trabalhos em altura, em espaços confinados, com alta taxa de ruído, no frio ou no calor sufocante. Além do trabalho ter a possibilidade de ser fisicamente desgastante, ele sempre requer habilidades de leitura, interpretação, escrita e atenção máxima aos detalhes.

Além da extensa parte de registros aeronáuticos, o trabalho exige uma boa coordenação e comunicação, levando em consideração a dificuldade devido a altos níveis de ruído e uso de protetores auriculares. O trabalho envolve frequentemente diagnósticos de falhas e resolução de problemas sob pressões de tempo, especialmente com aeronaves em trânsito, com tempo reduzido entre pouso e decolagem e envolvendo altos valores por indisponibilidades ou atrasos por minuto.

Pode-se afirmar, desta forma, que os técnicos enfrentam muitas situações de estresse devido à pressão pelo tempo e mão de obra, ambos cada vez mais reduzidos. Em contrapartida, a evolução tecnológica dos atuais sistemas possibilita que mecânicos e pilotos detectarem falhas precoces e utilizarem sistemas redundantes de segurança, na tentativa de amenizar a escassez de tempo e mão de obra, garantindo a segurança de voo, porém, na prática existe uma outra vertente quanto ao emprego da tecnologia.

Latorella e Prabhu (2000) apontam que:

As tendências simultâneas de aumento da carga de trabalho de manutenção e inspeção e diminuição da força de trabalho parecem prever crescentes problemas de segurança associados a erros humanos em manutenção e inspeção. Felizmente, os avanços tecnológicos têm amortecido, até certo ponto, os efeitos dessas tendências. Sistemas à prova de falhas, hardware melhorado, melhor design de software, melhores equipamentos e métodos de manutenção e outros avanços tecnológicos, melhoraram a segurança e, de certa forma, reduziram a carga de trabalho de manutenção e inspeção. (LATORELLA; PRABHU, 2000, pág. 134).

As mudanças tecnológicas, tendo em vista que, na maioria das vezes, são consideradas melhorias nos sistemas e na segurança, tornam o “fator humano” uma explicação cada vez mais frequente para justificar acidentes e incidentes aeronáuticos. As componentes cognição e comunicação deixam evidentes a incompatibilidade entre o ser humano e a tecnologia, sempre que esta relação não é tratada da forma que deveria, com os devidos cuidados.

De acordo com estudos sobre os avanços tecnológicos, os seres humanos precisam adquirir novas habilidades e conhecimentos para não serem induzidos aos erros, embora seja comum a idealização do emprego da tecnologia para fins benéficos à segurança geral. (LATORELLA; PRABHU, 2000).

Os técnicos de manutenção em aeronaves utilizam a tecnologia através de computadores conectados aos sistemas da aeronave, e obtém, através deles, conjuntos de informações e diagnósticos que necessitam da análise e conseqüentemente requer experiência por parte do técnico, logo, uma análise equivocada pode representar um risco à segurança.

De acordo com a IAC 060-1002A (Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes), “a automação não veio suprimir ou diminuir a falha humana, mudando apenas a sua natureza, de mecânica para cognitiva”. (BRASIL, 2005, pág. 11).

Portanto, os avanços tecnológicos aliados à nova e crescente demanda por voos, e políticas de controle de custos por parte das empresas, exigem, cada vez mais, uma maior capacidade de julgamento por parte dos mecânicos, com uma exigida capacidade de resposta quase tão rápida quanto do software, agravando, desta forma, o fator “pressão”.

O tempo de resposta e capacidade de julgamento do ser humano jamais será tão rápido e preciso quanto o da máquina. Podemos usar este exemplo não só na manutenção, mas em operações. Quando se perde um motor em voo, o alerta de falha do motor acende quase que instantaneamente, enquanto o tempo de percepção, análise e tomada de decisão dos pilotos, seja ela de desligar o motor em pane, combater incêndio, retornar ao aeroporto ou pousar o quanto antes, leva algum tempo e varia de pessoa para pessoa, com variantes como a experiência do piloto, conhecimento do equipamento que opera e seus limites, nervosismo, etc. O mesmo acontece com a manutenção, sempre que há algum alerta do sistema de monitoramento e uso da aeronave, ou a mesma precisa ser balanceada, por exemplo, o software instantaneamente já possui uma ação de manutenção como resolução para o problema, ação esta, que da mesma forma, precisa ser previamente analisada pelo mecânico, para depois serem iniciados os procedimentos de manutenção.

Há de se destacar que o tratamento desta situação pode variar de acordo com a empresa, organização e até mesmo a forma de gestão. A partir deste ponto, o fator “pressão” é determinado pela organização e seus gestores, e pode ser agravado pelo custo da indisponibilidade (alguns equipamentos, principalmente de grande porte, são mais caros para manter indisponíveis), pelo fato de a aeronave estar em trânsito (manutenções corriqueiras de pista, nas quais a aeronave não chega a ficar indisponível, e o tempo de resolução de panes é bem curto, apenas entre um voo e outro), além de outros agravantes.

Em muitos casos, os equívocos de manutenção são sintomas de problemas subjacentes no seio da organização, sejam eles administrativos ou mesmo de gestão operacional. Embora as falhas sejam eventos indesejados, os erros acabam sendo valiosos para identificar e apontar melhorias.

Para identificar as causas das anomalias de manutenção envolvendo o erro humano, faz-se necessário uma compreensão do pensamento do técnico no momento do seu erro, sendo este um dos pontos mais complexos para se aplicar numa pesquisa de caso de acidente aéreo, pois faz-se necessário a análise das condicionantes psicológicas que levam ao erro. Portanto, a avaliação de alguns pontos podem ser considerados como causas de um determinado evento.

Além do já mencionado fator “pressão”, que envolve gestão, tempo para realização de tarefas, atrasos, indisponibilidade e cumprimento de prazos, os técnicos enfrentam, muitas vezes, o fator “fadiga”.

Segundo a Comissão Nacional de Fadiga Humana, a fadiga consiste em um fenômeno complexo e multideterminado, mesclando componentes objetivos e subjetivos que permanecem por longos períodos como condição latente nas operações. (BRASIL, 2017b).

Este fator refere-se ao cansaço físico, exaustão emocional e a degradação da habilidade que resulta da realização de uma tarefa que demanda grande exigência mental durante um período prolongado, a CNFH complementa afirmando que o estado de fadiga tem base na interação combinada dos ritmos circadianos, estado de alerta, sonolência e efeitos do débito de sono. (BRASIL, 2017b).

Quando este fator está presente, mecânicos possuem maior probabilidade de cometerem erros envolvendo falhas em suas tarefas, como lapsos de memória e erros de percepção. De acordo com a regulação dos ciclos circadianos, muitas das funções fisiológicas do ser humano se expressam com maior intensidade durante o dia, quando ocorre a maior parte dos voos, tendo em vista que aeronaves que não possuem capacidade para voos por instrumentos e a aviação executiva e de transporte de cargas e passageiros onshore e offshore ocorrem, em sua grande maioria, durante o dia, com condições visuais, fazendo, desta forma, que manutenções programadas e mais pesadas sejam realizadas no período noturno. (BRASIL, 2017b).

No trabalho realizado em período noturno, como de conhecimento comum, fisiologicamente as atividades do corpo humano não se encontram em sua forma plena. Neste período, são realizadas práticas de manutenção que requerem atenção extrema, como montagem e demonstragem, remoção e instalação, e inspeções de equipamentos vitais para a segurança da aeronave, portanto, um bom estado físico e mental é extremamente necessário para que erros sejam evitados.

Os técnicos de manutenção em aeronaves também devem lidar, muitas vezes, com jornadas de trabalho desgastantes e turnos de até doze horas. Portanto, as escalas de trabalho em si, já representam um agravante para o cansaço.

Para avaliar as condições de fadiga às quais o indivíduo esteve exposto, devem ser considerados e investigados desde fatores de ordem individual/fisiológicos, tais como alerta, relógio biológico, ciclos de sono/despertar, natureza e função do sono, etc.; bem como fatores organizacionais, tais como escalas de voo, horários e condições de descanso, treinamentos e políticas sobre gerenciamento da fadiga, etc. (BRASIL, 2017b, pág. 11).

Os mecânicos, além de se depararem com situações de pressão e fadiga no exercício de sua função, também exercem suas atividades em um ambiente de trabalho não tão convencional quando comparado ao de outras profissões.

As descrições físicas do ambiente de trabalho do mecânico (pátios e hangares); são relativamente simples e previsíveis. No entanto, os profissionais que exercem suas atividades

nesses lugares, possuem geralmente uma atenção focada e tem, portanto, dificuldade de avaliação e verificação de sistemas amplos, ou seja, a visão sistêmica; do todo.

Na análise dos fatores que causaram um determinado acidente por falha de manutenção, dificilmente aspectos como o calor, o frio, a chuva e os insetos eram levados em conta para estabelecer o que poderia ter causado ou contribuído para o equívoco do mecânico na hora exata do erro. Atualmente, os estudos acerca destes fatores contribuintes auxiliam no esclarecimento e justificativa de algumas falhas.

Trabalhar em local confinado, com comunicação precária devido ao barulho, em uma posição ergonomicamente ruim, entre outros fatores, possibilita o estudo de mais um contribuinte, com o objetivo de correlacionar aspectos de fatores humanos para o sujeito inserido em um ambiente de trabalho: a ergonomia.

### 3.2 CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS DE MANUTENÇÃO

“A manutenção é essencial para a segurança da aviação, mas a manutenção inadequada contribui para uma proporção significativa de acidentes e incidentes na aviação”. (HOBBS, 2008, pág. 7).

De acordo com o site do CENIPA<sup>1</sup>, no Brasil, num período de 10 anos, entre janeiro de 2008 e janeiro de 2018, foram registrados 265 casos, entre acidentes e incidentes que tiveram como fator contribuinte a falha na manutenção da aeronave. Segundo Alan Hobbs, isso ocorre porque uma pequena parte das práticas de manutenção em aeronaves não é executada de forma correta ou é omitida devido ao equívoco humano. (HOBBS, 2008).

Além dos acidentes e incidentes, os equívocos da área de manutenção não só representam uma ameaça para a segurança de voo, mas também podem gerar custos financeiros devido a atrasos, cancelamentos, desvios, interrupções de cronograma e custos imensuráveis relacionados à imagem da empresa.

Os custos de manutenção são um dos mais significativos para uma companhia aérea, implicando um bom percentual de seus investimentos, portanto, qualquer despesa além

---

<sup>1</sup> Informação obtida por meio de pesquisa por ocorrências que tiveram como fator contribuinte a falha na manutenção no painel SIPAER, acessado através do site do CENIPA e disponível em < [http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/QvAJAXZfc/opensoc.htm?document=SIGAER%2Fgia%2Fqv%2Fpainel\\_sipaer.qvw&host=QVS%40cirros31-37&anonymous=true](http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/QvAJAXZfc/opensoc.htm?document=SIGAER%2Fgia%2Fqv%2Fpainel_sipaer.qvw&host=QVS%40cirros31-37&anonymous=true) > Acesso em 18 set. 2018.



das previstas representa um alerta, seja relacionado simplesmente ao controle de gastos ou até mesmo à saúde financeira da empresa.

Um ponto a ser destacado em caso de ocorrências seria o apontamento de melhorias, como mudança de processos, revisão de manuais, procedimentos e políticas da empresa.

Uma vez determinado o perigo humano em um acidente, incidente, evento ou situação de erro, deve-se abordar como controlar ou gerenciar este erro. (LATORELLA; PRABHU, 2000).

Pequenos incidentes podem ser bons para evitar um futuro acidente. Uma forma de tirar proveito de uma situação indesejada, como casos de incidentes que não geraram vítimas, danos pessoais e grandes danos materiais, aumentam o alerta situacional dos colaboradores para evitar acidentes mais graves. Atitudes como promover diálogos de segurança, um hábito cada vez mais comum nas grandes empresas aéreas, baseados em experiências anteriores da própria empresa ou de outra organização traduz um conselho muito conhecido: aprender com os erros.

Desta forma, a variabilidade humana, como aspecto interno, ocorre pelo simples fato de um ser humano nunca se comportar da mesma maneira, reagindo de diferentes formas quando defrontado com situações adversas, como a obrigação de cumprir seu trabalho sob condições de fadiga, pressão e estresse, combinada com aspectos externos, como falhas de gestão, características organizacionais e até mesmo climáticas. Como resultado, temos uma combinação de condicionantes que culminam na falha humana na manutenção de aeronaves.

Assim sendo, equívocos em serviços de manutenção em aviões e helicópteros não são tão raros quanto todos gostariam que fossem. De acordo com a complexidade da tarefa executada, sistema ou área da aeronave, esses erros podem representar um maior risco à segurança, algumas vezes resultando em incidentes ou acidentes.

Em casos de menor destaque, as consequências das falhas de manutenção são representadas por despesas com atrasos, indisponibilidade, desperdício de material aeronáutico ou de mão de obra.

Portanto, erros sempre ocorrerão e terão consequências. Aprender com as falhas e promover uma política de segurança é fundamental para uma manutenção confiável, tornando o transporte aéreo cada vez mais seguro.

## 4 ERGONOMIA

Com o objetivo de correlacionar aspectos de fatores humanos, este capítulo visa avaliar a influência da ergonomia na manutenção de aeronaves. Mas, inicialmente, faz-se necessário conceituar Ergonomia.

De acordo com Mario Cesar Vidal, “Ergonomia é, antes de mais nada, uma atitude profissional que se agrega à prática de uma profissão definida”. (VIDAL, 1999, pág. 3).

A Associação Brasileira de Ergonomia complementa a afirmação dizendo que a Ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar as atividades nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro. (ABERGO, 2000).

Segundo o professor Mário César Vidal (1999, pág. 3, 4),

Esta definição que coloca finalidades, propósitos e critérios, necessita ser complementada por uma outra, que estabeleça qual a tecnologia a que a Ergonomia está referida ou que possua um referente de suas finalidades, propósitos e critérios. Esta tecnologia é a tecnologia de realização de interfaces entre as pessoas e os sistemas, melhor dizendo, estabelecendo uma relação de adequação entre os aspectos humanos presentes na atividade de trabalho e os demais componentes dos sistemas de produção: tecnologia física, meio-ambiente, softwares, conteúdo do trabalho e organização. Qualquer forma de interação entre o componente humano e os demais componentes do sistema de trabalho constituir-se-á em uma interface, sem que tenhamos necessariamente uma boa interface. As boas interfaces (adequadas) atenderão de forma conjunta, integrada e coerente os critérios de conforto, eficiência e segurança. (VIDAL, 1999, pág. 3, 4).

Segundo Vidal, “em seu sentido clássico, a Ergonomia buscou primeiramente entender os fatores humanos pertinentes ao projeto de instrumentos de trabalho, ferramentas e outros apetrechos típicos da atividade humana em ambiente profissional”. (VIDAL, 1999, pág. 7).

O professor complementa a informação dizendo que posteriormente procurou-se analisar as características dos fatores humanos e sua relação com as interfaces de trabalho como salas de controle e linhas de montagem, e não mais apenas para com ferramentas e objetos de trabalho. (VIDAL, 1999).

Partindo deste princípio, e do que define o CENIPA sobre a doutrina de segurança de voo no Brasil, baseada no trinômio “o Homem, o Meio e a Máquina”, pilar da filosofia SIPAER, a ergonomia contribui na compreensão da interação do homem (mecânico de aeronaves) com o ambiente de trabalho, ferramentas e processos.

Na sequência, temos um exemplo prático para as práticas de manutenção aeronáutica, de como os mecânicos se deparam com a Ergonomia, no ambiente de trabalho.

Um técnico de manutenção de aeronaves de 1,65m não tem como alcançar adequadamente um componente em uma estante situada a 2,10m do chão. Se o fizer, seu manuseio será certamente impróprio, podendo causar queda própria ou do componente manuseado, muitas vezes caro, por se tratar de componente aeronáutico. Vemos aqui que as perdas materiais e os acidentes podem ter a mesma origem. Porém este técnico entende que não poderá deixar cair o computador do piloto automático que tenta retirar desta estante. Por falta de uma escada ou acessório equivalente pode ser levado a improvisar com o que esteja disponível. O acessório inadequado poderá também causar os mesmos problemas, ou piores.

Sugerida pela Associação Internacional de Ergonomia, para finalidades didáticas e compreensão de conceitos, existem duas subdivisões da ergonomia, voltadas para o indivíduo, que valem a pena serem compreendidas para melhor entendimento da pesquisa: a ergonomia física e a ergonomia cognitiva.

#### 4.1 ERGONOMIA FÍSICA

“A ergonomia física busca adequar as exigências do trabalho aos limites e capacidades do corpo, através do projeto de interfaces adequadas para o relacionamento físico homem-máquina”. (VIDAL, 1999, pág. 16).

Segundo Vidal (1999), os temas mais freqüentemente estudados pela ergonomia física têm sido:

- (a) Posturas desfavoráveis;
- (b) Força excessiva demandada;
- (c) Movimentos repetitivos;
- (d) Transporte de cargas.

De acordo com os temas acima, podemos enquadrar algumas atividades realizadas rotineiramente por técnicos de manutenção de aeronaves e analisar a influência que exercem em suas tarefas.

- (a) Atividades realizadas com postura inadequada (de lado, de cabeça para baixo, entre um motor e outro, espaço confinado, apertado, trabalho em altura),

como por exemplo em serviços realizados dentro de um tanque de combustível, de um cone de cauda, uma inspeção pré-voos em aeronaves de grande porte que possuem seus pontos de apoio com mais de 2m de altura desde a planta dos pés.

(b) Aplicar um torque alto, independente da utilização da ferramenta adequada, alguns são realmente pesados.

(c) Remover e instalar carenagens e acessos de grande área, que possuem muitos parafusos; Estabilizar um torque, por exemplo, da cabeça de um rotor de helicóptero, nesse caso, são vários parafusos idênticos, com torques idênticos e que demoram em demasia para que fiquem estabilizados, por vezes, exigindo que o técnico repita o mesmo movimento por horas.

(d) Não deveria se aplicar, porém por pressão, ou até mesmo falta do equipamento necessário, acontece com mais frequência do que deveria.

“O campo da ergonomia física, do ponto de vista de sua aplicabilidade, vai se consubstanciar na realização de especificações relativas ao posto e ao método de trabalho, bem como sobre o ambiente”. (VIDAL, 1999, pág. 18).

Nesse contexto, análises ergonômicas buscam a implantação de novos postos de trabalho, com a conscientização e envolvimento dos funcionários, além da elaboração de programas de atividades compensatórias como pausas para repouso, exercícios e alternâncias durante a realização de atividades. (VIDAL, 1999).

## 4.2 ERGONOMIA COGNITIVA

Atualmente, temos a automação cada vez mais presente na composição dos sistemas que permitem voar. Conforme pode ser visto a definição de automação na Instrução de Aviação Civil - IAC 060-1002A:

[...] é uma classe de recursos entre os muitos disponíveis para o ser humano operar ou gerenciar, visando, primordialmente, melhorar e controlar a efetividade, o conforto e a segurança no desempenho da atividade aérea, diminuindo os seus riscos. A mesma consiste de sistemas e métodos (mecânicos, eletrônicos, digitais etc.) nos quais muitos dos processos de produção são automaticamente desenvolvidos ou controlados por máquinas ou artefatos, com a devida autorização do ser humano. (BRASIL, 2005, pág. 11).

Partindo deste princípio, encontramos na ergonomia uma forma de análise das interfaces homem-máquina, já que o ser humano passou a ser mais de monitoramento e menos

de execução, requerendo uma adaptação a este novo paradigma. E a área específica do tratamento desta relação é a Ergonomia Cognitiva.

“A cognição trata da ergonomia dos aspectos mentais da atividade de trabalho de pessoas e indivíduos, homens e mulheres”. (VIDAL, 1999, pág. 19).

É mais fácil imaginar a influência da cognição para pilotos, porém os técnicos de manutenção em aeronaves também têm se defrontado com situações parecidas nos últimos anos, com tendência de aumento.

Um bom exemplo seria o diagnóstico de falhas e as suas causas prováveis. Os sistemas atuais das aeronaves contam com componentes que não apenas alimentam ou trocam informações com um único sistema, mas com vários, permitindo, desta forma, uma possibilidade de equívoco em diagnósticos de panes.

Outros exemplos seriam a análise de dados de voo, dados de HUMS (*Health and Usage Monitoring System*), onde são analisadas as tendências da aeronave e dados de vibração, e de outros sistemas para ajudar a garantir a disponibilidade, confiabilidade e segurança da aeronave. Neste caso, o mecânico percebe, identifica e interpreta as informações que aparecem no monitor e tenta solucionar qualquer anormalidade por meio de ações de manutenção. Por vezes, ele acaba cometendo erros de julgamento.

Neste sentido, a ergonomia visa aprimorar a relação homem-máquina através de processos que possibilitam aos seres humanos cometerem menos equívocos relacionados à análise e interpretação.

Segundo Vidal:

O ergonomista pode aprender, através da análise de sua atividade, muitas coisas sobre os raciocínios empregados por este trabalhador. Ele pode, então, ajudar a melhor apresentar as informações no monitor, a melhor formular os problemas de diagnóstico e formular um treinamento mais adequado. (VIDAL, 1999, pág. 22).

Portanto, o estudo da Ergonomia, aplicada em seus diferentes campos, representa uma melhoria substancial nos processos que envolvem as práticas de manutenção em aeronaves.

O trabalho do mecânico de avião, ou helicóptero, possui características específicas que devem ser analisadas do ponto de vista ergonômico. Logo, qualquer possível melhoria é muito bem vinda para conforto dos técnicos, tornando suas tarefas mais rápidas e fáceis, e, conseqüentemente, convertendo-se em uma melhor qualidade do serviço, resultando em maior segurança de voo.

## 5 CONCEITO E APLICAÇÃO DO CRM

Nos dias de hoje, algumas técnicas são utilizadas na tentativa de amenizar o aspecto da variabilidade humana, para que as falhas nos processos da aviação sejam cada vez menores. Desta forma, o treinamento em CRM é uma das principais medidas adotadas por empresas aéreas para explicar acerca da influência dos Fatores Humanos, num primeiro momento, apenas para pilotos, atualmente, para todos que compõem as atividades de voar e fazer voar.

O curso em CRM é cada vez mais comum em empresas aéreas, seu treinamento é atualizado e realizado periodicamente, a cada dois anos, para pilotos, mecânicos, controladores de voo, despachantes, almoxarifes, ferramenteiros e todos os demais que compõe a aviação e suas atividades, sejam elas, operacionais ou não, voando ou em oficinas. O treinamento de CRM é uma prática sobre a aplicação dos Fatores Humanos e uma boa alternativa na tentativa de evitar ou mitigar erros causados por influência desses fatores na operação e manutenção de aeronaves.

Nos primórdios da aviação, os treinamentos operacionais se dirigiam apenas aos tripulantes técnicos, preocupando-se, quase que exclusivamente, com os aspectos técnicos relacionados ao seu desempenho individual durante o voo.

Pesquisas com base em investigações das causas de acidentes e incidentes aeronáuticos, ocorridos com aeronaves de empresas aéreas comerciais, mostraram aspectos que tiveram o elemento humano como fator contribuinte.

Tais constatações suscitaram o consenso entre as empresas aéreas, indústria aeronáutica e governo quanto à necessidade de incrementar Programas de Treinamento em Fatores Humanos, com o objetivo de melhorar a coordenação e o gerenciamento de toda a tripulação de voo.

Assim, foi implementado o Treinamento em Gerenciamento de Recursos da Cabine (CRM), visando à minimização do erro humano como fator contribuinte para acidentes e incidentes aeronáuticos. (BRASIL, 2005, pág. 8).

O CRM surgiu, num primeiro momento, para solucionar problemas de fatores humanos que ocorriam dentro da cabine de comando e culminavam em acidentes, ou seja, a relação entre piloto, copiloto e cabine de comando. Algum tempo depois, viram a necessidade de estender o treinamento a todos os membros da tripulação, para então, fornecerem o treinamento a todos os profissionais que participavam de alguma maneira do processo de voar e fazer voar. Portanto, o conceito evoluiu de *Cockpit/Crew Resource Management* para o atual *Corporate Resource Management*.

O Gerenciamento de Recursos (da Cabine, da Tripulação, da Corporação) foi desenvolvido como uma resposta, às novas compreensões em relação as causas dos acidentes e, segundo estudiosos, o curso representa um sucesso e há registros de melhorias nos processos e eficácia das tripulações que passaram pelo treinamento. (HELMREICH; FOUSHEE, 1993).

O curso é essencial para uma boa manutenção do alerta acerca dos equívocos causados por falha humana para os profissionais da aviação, além disso, dados de auditorias demonstraram que o treinamento em CRM produz as mudanças desejadas no comportamento humano (HELMREICH; FOUSHEE, 1993).

O treinamento é proveitoso para todos, já que envolve diversos setores das empresas e faz os profissionais de cada setor enxergarem pelos olhos dos outros. Este achado é congruente com as avaliações dos participantes do treinamento. As equipes que completam as avaliações do curso relatam que é um treinamento efetivo e importante. (HELMREICH; FOUSHEE, 1993).

A Filosofia de CRM é muito melhor incorporada à cultura organizacional quando o escalão constituído pela alta direção (presidência, diretorias e gerências) está em consonância com os conceitos de CRM e forneça os recursos necessários para a implantação do Treinamento. (BRASIL, 2005).

O CRM não é um sistema em que são dados aos tripulantes a prescrição sobre como trabalhar com os outros na cabine de voo, portanto não existe um checklist com os procedimentos aos quais o piloto, ou mecânico, ou qualquer outro envolvido deva seguir. Na verdade, a melhoria na questão da segurança de voo é muito mais uma questão organizacional, em que a cultura de segurança deve fazer parte do dia a dia com total naturalidade, e não apenas como uma situação esporádica, permitindo que o gerenciamento de erros possibilite o controle de falhas humanas. (BRASIL, 2005).

Na realidade, estudos apontam que o gerenciamento de erros é a principal missão de uma cultura de segurança e os programas de CRM são apenas uma ferramenta (ainda que de extrema importância) a serviço dessa finalidade. (MERRITT; HELMREICH, 1996).

O treinamento consiste em três fases: a) curso inicial, em que são apresentados os conceitos; b) prática contínua, em que os colaboradores fazem uso do conteúdo do treinamento para a manutenção da cultura de segurança na organização; e c) fase de reciclagem, em que a cada dois anos todos os profissionais envolvidos de alguma forma com o processo de voar e fazer voar relembram e atualizam-se de conceitos acerca dos fatores humanos. Logo, o CRM é focado nas atitudes e comportamentos das equipes e seus impactos na segurança de voo, o mesmo busca tornar e manter a cultura de segurança um hábito nas organizações que compõem a aviação. (BRASIL, 2005).

Basicamente, o curso de CRM, segundo a IAC 060-1002A (Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes), é a aplicação de conceitos de gerenciamento moderno, tanto na cabine de pilotagem como em outras atividades operativas e administrativas que

interferem no voo, visando o uso eficiente e eficaz de todos os recursos disponíveis (humanos, equipamentos e informações) que interagem nesta situação. (BRASIL, 2005).

“O êxito no Treinamento em CRM depende do compromisso por parte da alta administração, dos facilitadores e dos participantes, em suma, de toda a organização no comprometimento com a filosofia de CRM”. (BRASIL, 2005, pág. 14).

Portanto, o CRM deve ser reforçado continuamente pela cultura de segurança de voo da organização e seu treinamento possui caráter dinâmico e deve ser constantemente atualizado.

Assim sendo, o treinamento em CRM representa uma boa prática na interminável tentativa de melhorias de processos que resultam na Segurança de Voo.

Tanto o bom gerenciamento de erros, quanto a boa disseminação da Política de Segurança, devem fazer parte de toda organização aeronáutica, e qualquer ferramenta que facilite estes processos deve ter o devido destaque no meio aeronáutico.



## 6 ACIDENTES OCACIONADOS PELO ERRO DE MANUTENÇÃO

Este capítulo traz a análise de acidentes aéreos causados também por falha de manutenção. A seguir, dois casos exemplificam como a falha humana, como fator contribuinte, foi determinante para o destino de dois voos.

### 6.1 ACIDENTE DO BOEING 747 DA JAPAN AIRLINES EM 1985

No dia 12 de agosto de 1985, o pior acidente aéreo já registrado, envolvendo uma única aeronave, custou a vida de 520 pessoas, quando um Boeing 747-100, da Japan Airlines, tornou-se incontrolável e chocou-se contra uma montanha.

No voo JAL 123, a aeronave partia do Aeroporto Haneda, em Tokyo e tinha Osaka como destino. Ao atingir a altitude de 24.000 pés, ocorreu um estrondo causado por uma descompressão súbita resultante de uma falha por fadiga na seção traseira da fuselagem. Após a explosão, que danificou grande parte do estabilizador vertical e do leme direcional (superfícies primárias de controle e sustentação da aeronave), as linhas hidráulicas foram danificadas, resultando na perda dos quatro sistemas hidráulicos e, desta forma, impossibilitando o controle do avião por estes sistemas. (KOBAYASHI; TERADA, 2006).

Com esta nova e inesperada situação, os pilotos ainda conseguiram, heroicamente, conduzir a aeronave utilizando o controle de potência dos motores por incríveis 32 minutos, em seguida, a aeronave colidiu com uma montanha. Os investigadores descobriram que a falha por fadiga que causou o acidente foi ocasionada por um erro em um serviço de estrutura após a cauda da aeronave ter tocado o solo durante um pouso, realizado aproximadamente cinco anos antes do acidente que vitimou 520 pessoas. (KOBAYASHI; TERADA, 2006).

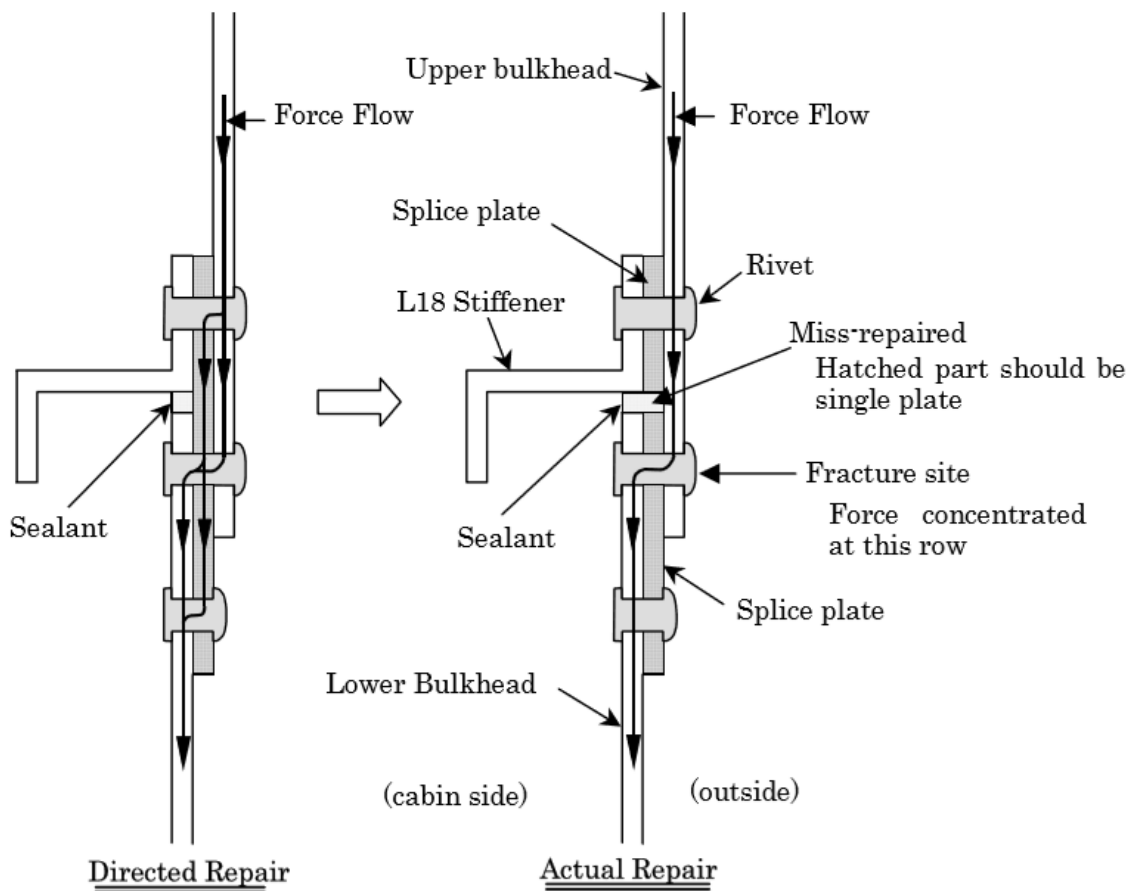
“Embora a principal causa do acidente tenha sido o erro durante o reparo do anteparo de pressão realizado sete anos antes do acidente, a causa direta que levou a aeronave a perder o controle foi a perda da unidade de controle hidráulica e do estabilizador vertical”. (KOBAYASHI; TERADA, 2006, pág. 2).

O reparo deveria ter sido feito com a emenda da metade inferior do novo anteparo com a parte superior utilizando-se uma placa dupla estendida por três fileiras de rebites. No

entanto, parte da emenda foi feita com duas placas ao invés de uma chapa única, como era previsto, deixando a área mais vulnerável aos estresses sofridos pela estrutura. (KOBAYASHI; TERADA, 2006).

Na figura que segue, temos a representação de como o reparo deveria ter sido feito à esquerda, e de como realmente foi feito, à direita.

Figura 2 - Representação do reparo estrutural.



Fonte: Kobayash, H. e Terada, H. (2006, pág. 9)

Portanto, um erro de manutenção causado por uma provável falha de interpretação de manual e, conseqüentemente uma ação errada (reparo que não estava de acordo com as instruções do fabricante), ultrapassou todas as barreiras de defesa e foi um fator contribuinte que culminou no acidente mais fatal da aviação que envolveu uma única aeronave.

## 6.2 ACIDENTE DO AS-350 DO CORPO DE BOMBEIROS DO PARÁ EM 2012

No dia 22 de fevereiro de 2012 a aeronave de modelo AS 350 BA e matrícula PT-YAK decolou do pátio do Grupamento Aéreo de Segurança Pública no Aeroporto Internacional de Belém para efetuar o sobrevoo da Rodovia BR 316, em atendimento à Operação Carnaval 2012. Depois de aproximadamente dez minutos de voo, a aeronave começou a vibrar com forte intensidade e os tripulantes notaram um disparo de rotação do rotor principal e decidiram fazer um pouso de emergência em um descampado próximo à rodovia. Durante o pouso, a aeronave entrou em ressonância com o solo, causando graves danos à estrutura da mesma. Das quatro pessoas a bordo apenas os dois tripulantes tiveram danos leves. (BRASIL, 2015).

O caso é interessante para os estudos acerca dos Fatores Humanos pelo somatório de causas que culminaram no acidente. Além de, felizmente, não contar com vítimas fatais, o ocorrido traz à tona situações como indisciplina de voo, cultura organizacional, estresse e, certamente, manutenção da aeronave, de acordo com a investigação do CENIPA.

De forma resumida, a indisciplina de voo ocorreu porque o segundo tripulante estava com a habilitação vencida.

Durante a investigação chegou-se à conclusão de que pôde ter ocorrido falha mecânica por brechas encontradas nos processos de manutenção.

Foram analisadas as condições dos componentes da cabeça do rotor principal, como também seus registros de manutenção. Após a análise, a Helibrás apontou a incompatibilidade de vários componentes instalados em relação ao seu número de série, tornando, desta forma, o helicóptero não aeronavegável, portanto, o item passou despercebido pela manutenção. (BRASIL, 2015).

Na análise das pás do rotor principal, detectou-se que estas apresentavam pintura e proteção anti-areia em suas extremidades fora do padrão estabelecido pelo fabricante, alterando, desta forma, o balanceamento estático das pás, evidenciando mais uma falha de manutenção.

Além da incompatibilidade dos componentes e do reparo não referenciado pelo fabricante, de acordo com as investigações, o balanceamento não foi realizado respeitando os limites de frequência de operação de acordo com manual de manutenção.

Segundo o CENIPA, formulou-se a hipótese de que os serviços de manutenção e balanceamento das pás do rotor principal alteraram a frequência de trabalho das pás, aumentando a possibilidade de encontro das linhas de frequência natural do helicóptero com a

linha de frequência do rotor principal, podendo ter agravado a ocorrência da ressonância no solo no momento do pouso. (BRASIL, 2015).

Na ocasião, existia apenas um mecânico habilitado disponível para executar as atividades de manutenção em dois equipamentos. O mecânico ficava limitado em sua folga, por muitas vezes estar de sobreaviso, podendo ser acionado a qualquer momento pelo grupamento, portanto, não tinha o devido descanso, que motivava a situação de estresse.

O mecânico estava passando por condições de trabalho estressantes, o que poderia estar diminuindo a sua capacidade de atenção e concentração durante a execução dos serviços de manutenção da aeronave. (BRASIL, 2015).

Quanto à cultura organizacional, no caso, os erros são evidenciados pelo acúmulo de atribuições para apenas este técnico em questão, demonstrando que não havia um planejamento gerencial adequado quanto à alocação dos funcionários, além de falhas gerenciais sobre os serviços de manutenção, já que o mecânico que executava as tarefas era o mesmo que as inspecionava.

Dessa forma, o acidente ilustra bem o quanto as barreiras de segurança foram falhas, pela quantidade de processos negligenciados por falha humana, ocasionados por estresse, fator organizacional, entre outros erros aspectos que possibilitaram a ocorrência do acidente.

Deste modo, ambos os acidentes demonstram, na prática, o quanto o estudo acerca da influência dos Fatores Humanos na manutenção de aeronaves é importante.

Assim como estes dois exemplos, outros ocorreram e ocorrerão, da mesma forma que muitos acidentes e incidentes foram, e serão evitados, a medida que o assunto seja disseminado nas organizações que compõem a aviação.

Portanto, os relatos de experiências anteriores, provam que a influência do elemento humano estará sempre presente em qualquer atividade desenvolvida pelos técnicos em manutenção aeronáutica. Erros acarretam experiência, que é traduzida em aprendizado, para eterno objetivo de melhoria, em prol da Segurança de Voo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de avaliar a influência do elemento humano nas práticas de manutenção em aeronaves, adotou-se em relação à metodologia, a pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa, tendo em seu embasamento teórico autores como Scott A. Shappell e Douglas A. Wiegmann, desenvolvedores da ferramenta HFACS, Robert L. Helmreich, um professor premiado pelas suas pesquisas realizadas acerca dos fatores humanos na aviação, assim como o Ph.D. em psicologia, James T. Reason, além de contribuições de estudos do professor Mario Cesar Vidal acerca da ergonomia.

Esta pesquisa foi realizada tendo como fonte de dados obras destes autores e registros atuais, como da Comissão Nacional de Fadiga Humana e HFACS, além de documentos de instituições como a FAA, ICAO e artigos recentes do CENIPA.

Para uma melhor compreensão, com o intuito de identificar os principais modelos teóricos, foi necessária uma breve familiarização com a história e disseminação dos fatores humanos, tal como análise dos desvios involuntários dos seres humanos, traduzidos em erros.

De acordo com os modelos de fatores humanos mais estudados atualmente, SHELL e Reason, o primeiro com foco no indivíduo, que determina que os ambientes devem ser apropriados para acomodar o indivíduo, o erro humano é encontrado sempre que um dos quatro elementos “S-H-E-L” não se enquadram de forma que satisfaçam ao “L”, elemento humano. Enquanto no segundo, que possui ênfase nos processos, pode-se observar que acidentes e incidentes são ocasionados por uma série de fatores em cadeia, culminados pelo erro humano, identificado em diferentes processos.

Com o objetivo de identificar as principais causas e consequências de falhas de manutenção em aeronaves, constatou-se que os principais motivos que levam ao erro humano estão associados aos fatores físicos e psicológicos do indivíduo e seus ambientes, de trabalho e organizacional. Fatores como ergonomia, estresse, fadiga, gestão, pressão, jornada e ambiente de trabalho fazem do equívoco humano uma realidade nas causas de acidentes e incidentes aeronáuticos.

Além de vítimas e prejuízos financeiros em acidentes e incidentes, constatou-se também que as consequências de falhas de manutenção representam custos significativos para a empresa, culminando em atrasos, indisponibilidades e custos imensuráveis em relação à reputação da empresa.

Com a intenção de avaliar a influência da ergonomia na manutenção de aeronaves, verificou-se que a ergonomia contribui na compreensão da interação do mecânico de aeronaves com seu ambiente de trabalho, ferramentas e processos.

Dos diversos campos da ergonomia, pode-se destacar a Ergonomia física, que auxilia através do projeto de interfaces adequadas para o relacionamento físico homem-máquina, e a Ergonomia cognitiva, que possibilita aos técnicos de manutenção em aeronaves cometerem menos equívocos relacionados à análise e interpretação.

Com o propósito de explicar o conceito e a aplicação do CRM em prol da Segurança de Voo, observou-se que seu treinamento é uma boa opção para solucionar os problemas identificados relacionados aos Fatores Humanos, sendo esta ferramenta desenvolvida como uma resposta às novas compreensões em relação as causas dos acidentes e incidentes aeronáuticos.

O curso de treinamento em CRM é essencial para uma boa manutenção do alerta acerca dos equívocos causados por falha humana para os profissionais da aviação. Constatou-se que o correto gerenciamento de erros e boa cultura organizacional resultam em uma operação segura, com poucas margens para erros humanos, segurança esta mantida também pela prática pregada pelo CRM.

A fim de analisar alguns exemplos de acidentes e incidentes aeronáuticos causados por falha de manutenção, constatou-se que estas falhas são causas reais de acidentes e incidentes aéreos, causando prejuízos financeiros e até mesmo custando a vida de pessoas, como analisado no primeiro acidente.

Já o segundo acidente trouxe à tona vários exemplos de fatores como o estresse, indisciplina, falha de gestão e fator organizacional, demonstrando que a somatória de eventos falhos pode resultar em um desastre aéreo.

Isto posto, retoma-se o problema desta pesquisa, qual é a real influência do elemento humano nas práticas de manutenção em aeronaves?

Conforme a análise dos dados, verificou-se que o ser humano, como elemento flexível em um sistema, estará sempre propenso a cometer erros, e as práticas de manutenção em aeronaves, contam, de forma imprescindível, com este elemento. Logo, tanto a manutenção perfeita, quanto qualquer equívoco nela existente, são resultantes da variabilidade humana, e, o resultado final, seja ele de sucesso, ou não, nas práticas de manutenção em aeronaves, estarão sempre atrelados ao fator humano, sendo este, em sua grande maioria, responsável, direta ou indiretamente, pela qualidade dos componentes e sistemas que permitem voar.

Esta pesquisa foi limitada às definições, estudos e à análise dos fatores humanos que influenciam nas práticas de manutenção em aeronaves, e não contempla, desta forma, aspectos acerca de melhorias nos processos, assim como seu controle e fiscalização.

Como sugestão para uma próxima pesquisa, deve-se destacar o estudo acerca da fiscalização no desempenho das empresas de manutenção aeronáutica, ou organizações que comportam também as atividades de manutenção em aeronaves, tal como a influência de auditorias e seus resultados em prol da qualidade da manutenção e conseqüentemente da Segurança de Voo.

## REFERÊNCIAS

ABERGO. **A certificação do ergonomista brasileiro** - Editorial do Boletim 1/2000, Associação Brasileira de Ergonomia. 2000.

BRASIL. Instrução de Aviação Civil - IAC 060-1002A. **Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes (Corporate Resource Management - CRM)**. 2005. Disponível em < [http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/iac/iac-060-1002a/@@display-file/arquivo\\_norma/IAC060\\_1002A.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/iac/iac-060-1002a/@@display-file/arquivo_norma/IAC060_1002A.pdf) > Acesso em: 23 set. 2018.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA, 2015. **Relatório Final A-531/CENIPA/2015**. Disponível em < [http://www.potter.net.br/media/rf/pt/RF\\_A-531CENIPA2015\\_PT-YAK\\_\\_1.pdf](http://www.potter.net.br/media/rf/pt/RF_A-531CENIPA2015_PT-YAK__1.pdf) > Acesso em 23 set. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Investigação e Prevenção de Acidentes Aéreos. NSCA 3-2. **Estrutura e atribuições dos elementos constitutivos do SIPAER**. 2017a. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:g6HWR6soepkJ:www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/nsca-norma-do-sistema-do-comando-da-aeronautica%3Fdownload%3D102:nsca3-2+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> > Acesso em: 18 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Comissão Nacional de Fadiga Humana - CNFH. **Guia de Investigação da Fadiga Humana em Ocorrências Aeronáuticas**. 2017b. Disponível em < [http://cesv.cenipa.gov.br/images/anexos/REVISTA\\_CNFH\\_versao\\_final\\_07.pdf](http://cesv.cenipa.gov.br/images/anexos/REVISTA_CNFH_versao_final_07.pdf) > Acesso em: 21 set. 2018.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **The Operator's Manual for Human Factors in Maintenance and Ground Operations**. September 2014. Disponível em: < [https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/library/documents/media/human\\_factor\\_s\\_maintenance/hf\\_ops\\_manual\\_2014.pdf](https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factor_s_maintenance/hf_ops_manual_2014.pdf) > Acesso em: 26 jul. de 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed. Atlas: São Paulo, 2002. Disponível em: < [https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod\\_resource/content/1/como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf) > Acesso em: 04 ago. 2017.

HELMREICH, R. L.; FOUSHEE, C. **Why CRM? Empirical and Theoretical Bases of Human Factors Training**. 1993. Disponível em < <https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123749468/9780123749468.pdf> > Acesso em 23 set. 2018.

HELMREICH, R. L.; MERRITT, A. C.; WILHELM, J. A. **The Evolution of Crew Resource Management Training in Commercial Aviation**. 1999. Disponível em: < [http://www.narcap.org/Associated\\_Research\\_docs/Pub235.pdf](http://www.narcap.org/Associated_Research_docs/Pub235.pdf) > Acesso em: 02 ago. 2017.



HELMREICH, R. L.; MERRITT, A. C. **Safety and error management: The role of Crew Resource Management.** University of Texas Aerospace Crew Research Project. Department of Psychology of The University of Texas at Austin. 2000. Disponível em: < [http://158.132.155.107/posh97/private/SafetyManagement/error-management-Helmreich\(1\).pdf](http://158.132.155.107/posh97/private/SafetyManagement/error-management-Helmreich(1).pdf) > Acesso em: 02 ago. 2017.

HOBBS, Alan. ATSB Transport Safety Report. **An Overview of Human Factors in Aviation Maintenance.** 2008. Disponível em < [https://www.atsb.gov.au/media/27818/hf\\_ar-2008-055.pdf](https://www.atsb.gov.au/media/27818/hf_ar-2008-055.pdf) > Acesso em: 27 ago. 2018.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual (Doc 9824).** Montreal, Canadá: ICAO, 2003. Disponível em: < [https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/library/documents/media/support\\_documentation/icao\\_hf\\_guidelines\\_2003.pdf](https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/support_documentation/icao_hf_guidelines_2003.pdf) > Acesso em: 26 jul. 2017.

KOBAYASH, H.; TERADA, H. **Crash of Japan Airlines B-747 at Mt. Osutaka.** 2006. Disponível em < <http://www.sozogaku.com/fkd/en/hfen/HB1071008.pdf> > Acesso em: 27 ago. 2018.

LATORELLA, Kara A; PRABHU, Prasad V. **A review of human error in aviation maintenance and inspection.** International Journal of Industrial Ergonomics 26, 2000. Disponível em < [https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/library/documents/media/human\\_factors\\_maintenance/a\\_review\\_of\\_human\\_error\\_in\\_aviation\\_maintenance\\_and\\_inspection.pdf](https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/a_review_of_human_error_in_aviation_maintenance_and_inspection.pdf) > Acesso em: 27 ago. 2018.

PAIVA, B. S.; SANTOS, I. J. A. L. **Metodologia para identificação dos fatores que afetam o desempenho dos operadores de sala de controle de plantas nucleares em situações de emergência.** Instituto de Engenharia Nuclear - IEN. 2009. Disponível em < [http://pelicano.ipen.br/pibic/cd-virtual/2009%20-%20GALILEU/pdf/ien/77\\_78\\_Bernardo%20Spitz%20Paiva.pdf](http://pelicano.ipen.br/pibic/cd-virtual/2009%20-%20GALILEU/pdf/ien/77_78_Bernardo%20Spitz%20Paiva.pdf) > Acesso em 22 out. 2018.

REASON, James. **Human error: models and management.** British Medical Journal. V 320. 2000. Disponível em: < [http://www.safetymed.com.br/arquivo/errohumano\\_reason\\_bmj2000.pdf](http://www.safetymed.com.br/arquivo/errohumano_reason_bmj2000.pdf) > Acesso em: 02 ago. 2017.

REASON, James; LEE, Rob B.; MAURINO, Daniel E.; JOHNSTON, Neil. **Beyond Aviation Human Factors: Safety in High Technology Systems.** 1st Edition, eBook Kindle. 1995.

SHAPPELL, Scott A.; WIEGMANN, Douglas A. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration - **The Human Factors Analysis and Classification System – HFACS.** Office of Aviation Medicine. February 2000. Disponível em: < [https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo\\_documents/humanfactors\\_classAnly.pdf](https://www.nifc.gov/fireInfo/fireInfo_documents/humanfactors_classAnly.pdf) > Acesso em: 26 jun. 2018.

VIDAL, M.C. **Introdução à ergonomia.** Curso de Especialização em Ergonomia Contemporânea do Rio de Janeiro. 1999. Disponível em: <

<http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vida%20CESERG.pdf> >  
Acesso em: 03 ago. 2017.