



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharias

Estudo da viabilidade de redução do erro humano nas atividades de manutenção recorrendo a Electronic Flight Bag

André Emanuel Eurico Madaleno

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Aeronáutica
(Ciclo de Estudos Integrado)

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Mota Lourenço da Saúde

Covilhã, abril de 2017

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os que me apoiaram ao longo do meu percurso académico, em especial à minha família e amigos.

Agradecimentos

Gostaria, em primeiro lugar, de agradecer ao Prof. Dr. Eng. José Manuel Mota Lourenço da Saúde pelo seu apoio e orientação durante a elaboração desta dissertação.

Agradeço aos meus pais e irmão pelo apoio que me deram ao longo destes anos.

Deixo também um agradecimento a todos os amigos que, de alguma maneira, partilharam comigo estes 5,5 anos e os tornaram mais fáceis de percorrer.

Resumo

Ao longo deste trabalho é abordado o tema do erro humano na aviação, mais concretamente na manutenção. Procura-se perceber se existe diminuição, ou não, desse erro humano ao se utilizar o sistema Electronic Flight Bag (EFB) nas atividades de manutenção. É feita uma compilação de vários conceitos e informações relativas aos dois subtemas em causa.

Num mundo onde a tecnologia e equipamentos são tão desenvolvidos que chega a ser quase impossível a probabilidade de falharem repentinamente, especialmente no setor aeronáutico, torna-se fundamental investir naquilo que é e sempre será vulnerável: o ser humano. O erro humano tem um grande impacto na medida em que leva a consequências em áreas como a eficiência geral do sistema e, mais importante, a integridade da vida humana. No caso específico da manutenção aeronáutica esse erro nem sempre se manifesta de forma imediata acabando por se fazerem notar mais tarde com consequências muito maiores.

Os erros na manutenção surgem associados às mais diversas causas. As mais comuns são vulgarmente agrupadas no que se designa de *Dirty Dozen* e incluem, entre elas, o cansaço físico e mental, o stress, a falta de comunicação e a insuficiência de recursos.

Admitindo o erro como algo natural, que não é possível de eliminar totalmente, é necessário focar sobre como minorá-lo e controlá-lo. A gestão e prevenção do erro humano começa com a deteção e análise do erro que originou a falha. Existem dois tipos de métodos para detetar erros na manutenção da aviação. O primeiro deteta erros humanos retroativamente e é baseado em relatórios de erros que surgem quando existem desvios de desempenho pré-definidos pelo sistema. Em contraste, existem outros métodos de deteção pró-ativa, que incluem auditorias, avaliações subjetivas da confiabilidade do sistema e os métodos de simulação. Assim que se determinar que certo erro humano é um fator num acidente, incidente ou situação provável de erro, deve-se abordar como controlar e gerir esse erro, tanto a nível individual como organizacional. Grande parte das situações pode ser abordada através de um leque de intervenções, tais como: seleção, treino, redimensionamento ou criação de novo equipamento, reformulação do trabalho e ajudas.

O segundo subtema abordado neste trabalho é o EFB. O EFB é um sistema projetado para possibilitar ao utilizador a visualização de documentos em formato digital, a realização de cálculos inerentes ao voo e o registo de informação. Como forma de baixar os custos de operação e carga de trabalho imposta à tripulação, as companhias aéreas foram apostando nestes sistemas e substituindo os antiquados documentos em formato de papel. É vasta a panóplia de aplicações de um EFB sendo de realçar a capacidade do registo e de tratamento de

informação relativa a consumos de combustível, abastecimentos, de anomalias e da transferência de dados para um computador central.

Os EFBs também são usados por engenheiros de manutenção para tarefas de gestão de defeitos das aeronaves, durante as escalas das mesmas, incluindo verificar o status técnico da aeronave (no fundo uma versão eletrónica do technical log da aeronave) e adiar ou dar como fechadas/encerradas falhas técnicas da aeronave. Os engenheiros também podem usar os EFBs para aceder a documentação de manutenção relevante (por exemplo, manuais de manutenção de aeronaves e catálogos ilustrados de peças) e como apoio a tarefas de manutenção de linha (por exemplo, relatórios de checks diários/semanais e atividades de manutenção não programada).

Ainda neste subtema, para além de se fazer referência a conceitos básicos como a divisão em classes e tipos de software, são analisados tópicos como as vantagens e desvantagens do seu uso, treino/formação e considerações do ponto de vista dos fatores humanos com vista a melhorar a interação homem-máquina e a eficiência geral da ferramenta.

No fim é feita, em tom de reflexão, uma análise de todos os pontos que foram abordados com o objetivo de se tentar chegar a uma conclusão em relação ao tema principal do trabalho. De forma sintetizada, como todas as tecnologias que se encontram em evolução constante, o EFB necessita de uma atualização recorrente em termos de formação, regulamentação, design, entre outros, para que o balanço final em termos de segurança aérea consiga ser sempre positivo.

Palavras-chave

Fatores humanos, Erro humano, Manutenção de aeronaves, Electronic Flight Bag.

Abstract

Throughout this MSc thesis the issue of human error in aviation, specifically in maintenance, is addressed. It is sought to understand if there is a decrease or not, of this human error when using the Electronic Flight Bag (EFB) system in the maintenance activities. A number of concepts and information are compiled for the two sub-themes studied.

In a world where technology and equipment are so developed that it is almost impossible to have a sudden a global failure, especially in the aeronautics sector, it is essential to invest in what is and always will be vulnerable: the Human being.

In this context, human error has a major impact insofar as it leads to consequences in areas such as the overall efficiency of the system and, more importantly, the integrity of human life. In the specific case of aeronautical maintenance, human error does not always show itself immediately when committed, sometimes it is noticed later with much greater consequences.

Maintenance errors arise from a variety of causes. The most common are usually grouped in what is defined as Dirty Dozen and include, among them, physical and mental fatigue, stress, lack of communication and insufficient resources.

Admitting error is something natural, and not possible to eliminate completely, it is necessary to focus on how to prevent and control it. The management and prevention of human error begins with the detection and analysis of the error that originated the fault. There are two types of methods for detecting aviation maintenance errors. One of them detects human errors retroactively and is based on error reports that arise when there are preset performance deviations. On the other hand, there are proactive detection methods, which include audits, subjective assessments of system reliability, and simulation methods. Once a human error is determined to be a factor in an accident, incident, or probable situation of error, one must approach how to control and manage this error, both individually and organizationally. Most of the situations can be approached through a range of interventions, such as: selection, training, redesign or creation of new equipment, reformulation of the work and aids.

The second sub-theme addressed in this research work is the EFB. The EFB is an electronic device designed to enable the user to access documents in digital format, perform calculations inherent to the flight and record information. As a way to lower the costs of operation and workload imposed on the crew, airlines have been betting on these systems and replacing the outdated format of documents in paper. The range of applications of an EFB is vast and some examples are the ability to record and process information about fuel consumption, supplies, anomalies and data transfer to a central computer.

EFBs are also used by maintenance engineers to manage aircraft defect tasks, during aircraft stops at the various airports. They can check the technical status of the aircraft (sort of an electronic version of the aircraft's technical log) and defer or close the technical faults of the aircraft. Engineers can also use EFBs to access relevant maintenance documentation (for example, aircraft maintenance manuals and illustrated part catalogs) and to support line maintenance tasks (for example, reports of daily/weekly checks and unprogrammed maintenance activities).

Also in addition to referring EFB basic concepts such as the division into classes and types of software, topics such as the advantages and disadvantages of its use, training and design considerations from a human factors point of view are analyzed with the goal of improving human-machine interaction and the overall efficiency of this tool.

In the end, a review of all the points that have been discussed is made in order to try to reach a conclusion regarding the main theme of this research work. In a synthetic way and like all technologies that are constantly evolving, EFB needs a recurrent update in terms of training, regulation, design, among others, so that the final balance in terms of air safety can always be positive.

Keywords

Human Factors, Human Error, Aircraft Maintenance, Electronic Flight Bag.

Índice

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO	1
1.3 LIMITES DO TRABALHO	2
1.4 OBJETIVO DO TRABALHO	2
CAPÍTULO 2- O ERRO HUMANO NA MANUTENÇÃO	3
2.1 INTRODUÇÃO	3
2.2 FATORES HUMANOS	3
2.2.1 <i>A importância dos fatores humanos</i>	4
2.3 O ERRO HUMANO	6
2.3.1 <i>Classificação de falhas humanas</i>	8
2.3.2 <i>Modelos teóricos em Fatores Humanos</i>	12
2.4 ERRO HUMANO NA MANUTENÇÃO	16
2.4.1 <i>Ambientes e tarefas de manutenção na aviação</i>	17
2.4.2 <i>Tipos de Manutenção</i>	20
2.4.3 <i>Causas e erros mais comuns na manutenção</i>	22
2.5 GESTÃO DO ERRO HUMANO NA MANUTENÇÃO	23
2.5.1 <i>Deteção de erros humanos</i>	23
2.5.2 <i>Controlo do erro humano na manutenção e inspeção</i>	28
CAPÍTULO 3- VIABILIDADE DE REDUÇÃO DO ERRO HUMANO NA AVIAÇÃO POR RECURSO A ELECTRONIC FLIGHT BAG (EFB)	33
3.1 INTRODUÇÃO	33
3.2 CONCEITO DE EFB	34
3.3 BREVE HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DO EFB	35
3.4 CLASSES DE EFB	37
3.5 TIPOS DE SOFTWARE DE EFB	40
3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE EFB	42
3.7 GESTÃO OPERACIONAL DO EFB	44
3.8 FORMAÇÃO/TREINO EM SISTEMAS DE EFB	45
3.9 REGULAMENTAÇÃO/CERTIFICAÇÃO	46
3.10 CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AO PROJETO DE EFBs	48
3.11 TENDÊNCIA/DEPENDÊNCIA NA AUTOMAÇÃO, COMPLACÊNCIA E CONFIANÇA	52
3.12 ANÁLISE DE CAUSAS DE ACIDENTES E INCIDENTES ENVOLVENDO O EFB	53
CAPÍTULO 4- EFB VS ERRO HUMANO NA AVIAÇÃO - SÚMULA	55
CAPÍTULO 5- CONCLUSÃO	58
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5.2 RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	59
ANEXO 1- HUMAN FACTORS CHECKLIST	61
BIBLIOGRAFIA	64

Lista de Figuras

Figura 1- Esquema do desenvolvimento de acidentes organizacionais.	7
Figura 2- Classificação de erros humanos.	11
Figura 3- Esquema do modelo SHELL	12
Figura 4- Esquema do modelo do queijo suíço.....	15
Figura 5- Exemplo de um EFB de Classe 1.	38
Figura 6- Exemplo de um EFB de Classe 2.	39
Figura 7- Exemplo de um EFB de Classe 3.	40

Lista de Acrónimos

AC	Advisory Circular
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AFM	Aircraft Flight Manual
AIS	Aeronautical Information Service
AMM	Area Moving Map
ASR	Aviation Safety Report
ASRS	Aviation Safety Reporting System
ATS	Air Traffic Service
CDL	Configuration Deviation List
COTS	Commercial-Off-The-Shelf
EASA	European Aviation Safety Agency
EFB	Electronic Flight Bag
EKB	Electronic Kit Bag
EU	European Union
EUA	Estados Unidos da América
FAA	Federal Aviation Administration
FH	Fatores Humanos
FMS	Flight Management System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
HMI	Human-Machine Interaction
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
JAA	Joint Aviation Authorities
MEDA	Maintenance Error Decision Aid
MEL	Minimum Equipment List
MESH	Managing Engineering Safety Health
NAA	National Aviation Authority
NOTAM	Notice to Airmen
NTSB	National Transportation Safety Board
OM	Operation Manual
PED	Portable Electronic Device
SO	Segurança Operacional
STC	Supplemental Type Certificate
TGL	Temporary Guidance Leaflets
USPTO	United States Patent and Trademark Office

Capítulo 1- Introdução

1.1 Motivação

O aumento de procura na indústria aeronáutica nos últimos tempos, exigiu da parte deste sector uma constante evolução para se adaptar à realidade de um mundo cada vez mais exigente e competitivo. Essa competitividade gera, do ponto de vista individual e organizacional, pressões para o cumprimento de objetivos pré-estabelecidos, não só a nível financeiro, mas também a nível da segurança aérea.

Atualmente sabe-se que cerca de 75-80% (Dumitru & Boşcoianu, 2015) dos acidentes são desencadeados por erro humano. Face a este número, torna-se indispensável investir neste assunto e compreender melhor temáticas como os Fatores Humanos, sendo as principais preocupações entender as dimensões previsíveis das capacidades e limitações humanas e aplicar esse conhecimento em ambientes operacionais.

A evolução tecnológica é um fator fundamental para que a indústria consiga fazer frente a todas as exigências. Quer seja no auxílio da tripulação ou assistência aos técnicos de manutenção, a tecnologia tem um papel determinante. O Electronic Flight Bag é um dos exemplos desses avanços tecnológicos que veio a contribuir para uma melhor eficiência técnica e operacional. Embora se verifiquem inúmeras vantagens com o uso deste sistema, nomeadamente a redução de custos, é vantajoso que se aprofunde estudando, analisando e refletindo sobre o efeito que ele tem no erro humano.

1.2 Metodologia da investigação

A metodologia usada na presente dissertação centra-se na pesquisa e análise das informações obtidas com o intuito de complementar os assuntos que necessitem de ser aprofundados até se chegar a algum tipo de conclusão.

Começa-se por uma familiarização com os fatores humanos de uma forma geral, para que se possa perceber a sua importância num contexto organizacional no mundo da aviação. Desenvolve-se o assunto especificamente na manutenção, tentando entender de que maneira as tarefas nesta área são influenciadas pelo erro humano. Percebido isso, estudam-se as estratégias que permitem gerir as falhas humanas no sector.

Quanto ao Electronic Flight Bag, adota-se a mesma metodologia. É feita uma pesquisa sobre conceitos gerais e história para percebermos a sua finalidade, de que maneira é usado e a sua evolução até aos dias de hoje. Analisam-se as vantagens e desvantagens que esse sistema

traz e os problemas inerentes à sua utilização que muitas vezes passam despercebidos e não recebem a devida atenção.

Finalmente, é feita uma reflexão sobre todos os conhecimentos adquiridos que nos permita chegar a uma conclusão final sobre o tema em causa. Uma vez analisada toda a informação recolhida e refletidos os assuntos, são apresentadas as conclusões da pesquisa, incorporados os novos contributos para o conhecimento e, paralelamente, tecidas algumas recomendações de ordem prática.

1.3 Limites do trabalho

Este trabalho não inclui testes relativos à experimentação dos resultados provenientes deste trabalho.

1.4 Objetivo do Trabalho

Esta dissertação tem como objetivo identificar a possibilidade do uso do Electronic Flight Bag para reduzir o erro humano na aviação incluindo na atividade de manutenção.

Capítulo 2- O erro humano na manutenção

2.1 Introdução

Apesar dos esforços e avanços feitos na área de segurança operacional (SO) (*safety*), existe um número muito recorrente que não se parece alterar. Esse número é 80 e está relacionado com a percentagem de incidentes que, de alguma maneira, foram despoletados por mão humana (Edmonds, 2016). É um número médio muito comum, não só no sector aeronáutico, mas também nas outras indústrias.

Os erros humanos nos acidentes e incidentes na aviação têm sido vastamente investigados ao longo das duas últimas décadas. O erro humano na manutenção aeronáutica é uma causa de acidentes fatais. Em 2003, a International Air Transport Association (IATA) reportou que fatores relacionados com a manutenção foram causadores de 26% dos 92 acidentes que foram analisados. Os erros na manutenção são responsáveis por cerca de 20-30% (Hackworth, et al., 2007) de avarias de motor e outros equipamentos da aeronave em pleno voo. Estes erros levam a consequências, tais como: forçar a aeronave a abortar a sua viagem, a atrasos nas disponibilidades de aeronaves, danos em equipamentos de manutenção ou mesmo provocar lesões nos técnicos que efetuam a manutenção.

Infelizmente, apesar dos acidentes de aviação terem diminuído à custa da evolução tecnológica das aeronaves e a SO do tráfego aéreo ter sido melhorada de forma geral, o número de acidentes relacionados com erros na manutenção não diminuiu proporcionalmente.

Uma vez que o profissional da aviação precisa de possuir um conhecimento mais profundo de tudo o que a envolve, na busca da segurança de voo, pois a aeronave é uma máquina com um complexo sistema mecânico, e para que tudo saia precisamente correto, não podemos falhar na prevenção, diagnóstico e correção.

2.2 Fatores Humanos

Segundo a FAA¹ System Safety Handbook, os Fatores Humanos são um campo multidisciplinar com o objetivo de criar e compilar informação sobre as capacidades e limitações humanas e aplicar tal informação aos equipamentos, sistemas, softwares,

¹ Federal Aviation Administration

instalações, procedimentos, ambiente, treino, empregados e gestão para produzir segurança, conforto e otimizar o desempenho humano (FAA, 2000).

Fator Humano, no Manual do Facilitador em CRM (2005), é a ciência aplicada que estuda as pessoas trabalhando em harmonia com as máquinas. Um projeto ou um treino que o operador faça de maneira inadequada, poderá contribuir para que o erro humano conduza a um acidente ou incidente aeronáutico (ANAC, 2005).

Estatísticas apontam para que até hoje 70% a 80% dos fatores contribuintes em acidentes aeronáuticos tenham tido origem nos fatores humanos (Paoli, 2007).

Face a esta significância numérica, estudar o fator humano é fundamental para alcançar maior eficiência nas várias áreas da aviação. Com essa estatística pode-se inferir que o sistema está em desequilíbrio, atribuindo mais valores contribuintes ao sistema social. Dessa forma, é extremamente importante retomar o equilíbrio para alcançar a máxima fiabilidade do sistema como um todo. É uma tarefa complexa.

As primeiras preocupações no campo dos fatores humanos foram centradas nas tripulações de voo e demonstraram o perigo de ignorar o elemento humano como parte do sistema sociotécnico (a aeronave). Os erros induzidos pelo sistema, como os relacionados com a leitura errada dos instrumentos de voo ou a seleção errada de botões da cabine, foram reduzidos através de um melhor dimensionamento da interface piloto-cabine. Entender as dimensões previsíveis das capacidades e limitações humanas e aplicar esse conhecimento em ambientes operacionais são as principais preocupações dos fatores humanos.

Outras preocupações em fatores humanos estão relacionadas com os efeitos no corpo humano de fatores como ruído, frio, calor, vibrações e acelerações. Com o tempo, o estudo do fator humano expandiu e desenvolveu-se e passou a incluir atividades de manutenção da aviação. Em aproximadamente 75-80% dos acidentes da aviação, a principal causa foi uma diminuição no desempenho humano. Os engenheiros e mecânicos de aviação estão sujeitos à influência de um conjunto único de fatores humanos que podem levar a erros na manutenção de aeronaves tais como trabalhar em alturas, em condições climáticas difíceis, em ambiente onde o nível de ruído é muito alto ou quando existe pressão de tempo.

2.2.1 A importância dos fatores humanos

Cerca de três em quatro acidentes resultam de erro humano cometido por indivíduos aparentemente saudáveis e com as qualificações necessárias. A origem desses erros pode ser devido a um dimensionamento impróprio de equipamentos/procedimentos, de instruções de operação inadequadas ou de treino deficientes. Os custos humanos e financeiros devido ao mau desempenho tornaram-se tão grandes que não é mais possível uma abordagem não-profissional aos fatores humanos (Dumitru & Boşcoianu, 2015).

Segundo os mesmos autores, a importância que os fatores humanos têm na indústria deve-se ao seu impacto em duas áreas principais que interagem de forma tão próxima que fatores que influenciam uma implicitamente afetam a outra.

Essas áreas são:

-Eficiência do sistema, que abrange SO e eficiência.

- Segurança Operacional- Para demonstrar o impacto dos fatores humanos na SO da aviação, seguem-se alguns exemplos de acidentes de aviação onde estes desempenharam um papel decisivo (Dumitru & Boşcoianu, 2015):

-Em 1974 um B-727 que se aproximava do aeroporto de Dulles em Washington caiu em Mount Weather, provocando uma perda de 92 vidas. Falta de clareza e carências nos procedimentos e regulamentos de controle do tráfego aéreo levaram ao acidente. A ausência de uma ação atempada do órgão regulador para resolver um problema conhecido na terminologia do tráfego aéreo também foi listada como um fator.

-Em 1977 dois B-747s colidiram na pista em Tenerife, com uma perda de 583 vidas. Consideraram-se como fatores uma falha nos procedimentos normais de comunicação e uma má interpretação de mensagens verbais.

-Em 1982 um B-737 caiu após a decolagem em condições de gelo em Washington. Leituras erradas da potência do motor (acima do real), e a falta de assertividade do copiloto em comunicar a sua preocupação e comentários sobre o desempenho da aeronave durante a decolagem foram alguns dos fatores apontados.

- Eficiência- A necessidade dos fatores humanos não se reduz apenas à segurança na aviação. A eficiência do trabalho também é afetada por não aplicar ou falta de conhecimento sobre fatores humanos. A colocação adequada de monitores e controles na cabine também melhora o desempenho. Se os membros da tripulação estiverem bem treinados e avaliados, terão melhor desempenho.

-Saúde do pessoal operacional, abrangendo a fadiga, stress e a performance relacionada com a saúde.

- Fadiga- É considerada uma condição resultante de descanso insuficiente, mas também uma gama de sintomas associados às alterações do ritmo circadiano. Fadiga aguda, crónica ou emocional pode levar a situações perigosas e perda de eficiência. Hipoxia e ruído também são fatores contribuintes.

- Saúde e performance- Certas condições médicas patológicas - gastrointestinais, ataques cardíacos, etc. - levam à incapacitação do piloto, podendo resultar num acidente de aviação.
- Stress- Está associado com eventos do dia-a-dia, mas pode ocorrer em situações onde a carga de trabalho mental é alta, como descolagem, aterragem ou emergências durante o voo.

2.3 O Erro Humano

O elemento humano é a parte do ambiente aeronáutico mais flexível, adaptável e valiosa, mas ao mesmo tempo a mais vulnerável. Devido à maior parte dos incidentes e acidentes serem resultado de um decréscimo na performance humana, existe uma tendência em atribuir as causas desses percalços ao erro humano. No entanto, o termo "erro humano" não ajuda na prevenção e investigação de eventos na aviação; embora nos mostre onde o sistema falhou, não nos diz nada sobre as causas que levaram ao fracasso. Para além disso, o termo "erro humano" oculta os fatores latentes que devem ser revelados para prevenir os acidentes de aviação. Por exemplo, erros atribuídos a indivíduos podem, na verdade, ser causados por falhas de dimensionamento, treino inadequado, procedimentos ou manuais de operação incorretos. Na abordagem moderna à segurança na aviação, o erro humano não é o fim, mas sim o ponto de partida para a investigação e prevenção dos eventos de aviação.

O erro humano tem sido caracterizado como: qualquer comportamento de um conjunto de ações humanas que excede algum limite de aceitabilidade (Swain & Guttman, 1983), qualquer ação ou inação humana que exceda as tolerâncias definidas pelo sistema com o qual o ser humano interage (Lorenzo, 1990), a incapacidade de alcançar um resultado pretendido devido à influência de uma ocorrência aleatória (Reason, Human Error, 1990) e um resultado necessário para permitir que os seres humanos explorem e compreendam sistemas (Rasmussen, 1990; Reason, Human Error, 1990).

Segundo a Instrução De Aviação Civil 135-1002, o erro é conceituado como um desvio involuntário por parte do indivíduo de uma ação pretendida. Os erros devem ser esperados, por isso existem ferramentas para evitá-los, contê-los e minimizá-los nas suas consequências, tais como: treino, gestão de informações, entre outras (Instrução de Aviação Civil, 2005).

Para James Reason, os erros são as “circunstâncias em que as ações planeadas não conseguem atingir o resultado desejado”. De forma mais detalhada, ele define o seguinte: "Erro será tomado como um termo genérico para abranger todas as ocasiões em que uma sequência planeada de atividades mentais ou físicas não consegue atingir o resultado pretendido, e quando essas falhas não podem ser atribuídas à intervenção de um agente acidental” (Reason, 1990).

Segundo Vanzin, todas as ações humanas podem ser comparadas com o padrão estabelecido como correto. O erro está presente em todas as atividades humanas e é tão complexo quanto o próprio comportamento humano. O erro é inerente ao ser humano, que constrói, através dos processos de aprendizagem, os padrões que utiliza nas representações mentais e nos seus planos de ação (Vanzin & Ulbricht, 2004).

Neste sentido, é muito importante que se reconheça a inevitabilidade do erro humano. Nenhuma pessoa, independente do cargo que ocupe, pode ter um desempenho sempre perfeito. Deve-se ter em mente também, que dependendo da situação, um bom desempenho numa situação, pode ser considerado inaceitável noutra (ANAC, 2005).

A grande contribuição de erros humanos é mais uma questão de oportunidade do que o resultado de ignorância ou descuido. Comportamentos humanos, bons ou maus, claramente dominam os riscos dos sistemas tecnológicos modernos (Reason & Maddox, 1995). Estes autores, discorrendo sobre a etiologia dos acidentes organizacionais, lembram que os avanços tecnológicos dos últimos 20 anos, particularmente em relação a recursos de segurança, fizeram muitos sistemas perigosos à prova de falhas humanas ou mecânicas. Quebrar as barreiras requer a improvável confluência de vários eventos. Resolver estas falhas organizacionais representa um desafio prioritário.

Em seguida apresenta-se um esquema que permite uma melhor compreensão da forma como os acidentes se desenvolvem, desde o nível da gestão (ou organizacional) até ao ato que desencadeia o acidente em si.

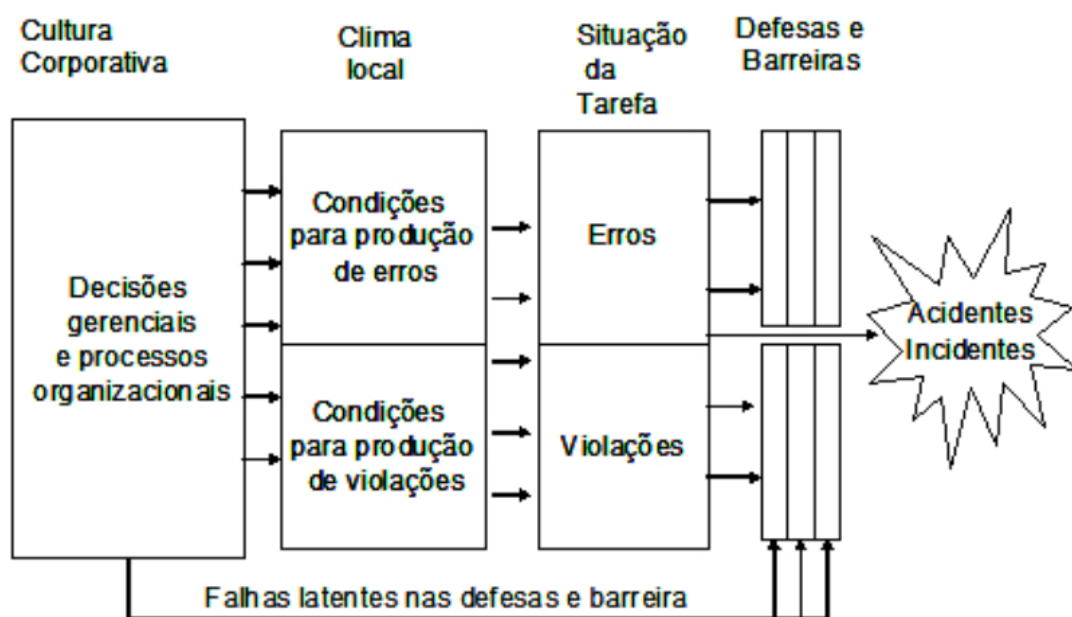


Figura 1- Esquema do desenvolvimento de acidentes organizacionais.

As decisões gerenciais de nível mais alto são apoiadas em condicionantes económicas, políticas e operacionais, e os recursos normalmente não são empregues em excesso. Eventuais faltas podem gerar falhas latentes no futuro. Não se pode impedir a criação de falhas latentes, pode-se tornar estas falhas visíveis, antes que combinadas com disparadores locais consigam quebrar as barreiras do sistema.

Reason (1995) observa que o erro que leva ao acidente não advém exclusivamente de uma perspectiva operacional; é resultado de interações e de situações imperfeitas do sistema que já estão presentes na organização e que não estão a ser observadas numa perspectiva apropriada.

Segundo o mesmo autor, os erros ativos são pouco importantes para a prevenção, desta forma, credita maior importância às falhas organizacionais, ou falhas latentes e, por isso, recomenda, como prevenção ideal aquela que aborda as características do sistema que aumentam a chances de ocorrência desses erros.

É muito importante o conhecimento profundo sobre os riscos presentes dentro de um sistema organizacional para que seja possível, por parte do indivíduo, a identificação e a correção dos desvios do sistema antes que ocorra a sua falha, reduzindo-se, desta forma, a probabilidade de erro humano. A evolução do conceito de erro humano transformou as relações de trabalho na aviação, trazendo uma nova consciência acerca da importância das relações entre Homem - Meio - Máquina e dos fatores organizacionais envolvidos.

2.3.1 Classificação de falhas humanas

O conceito de falha humana é distinto do conceito de erro humano. As falhas humanas podem definir-se como “atos inseguros e de natureza psico-cognitiva que o ser humano comete e que podem levar a uma situação perigosa” (Reason, 1990). Segundo o mesmo autor, um ato inseguro é mais do que apenas um erro ou uma violação - é um erro ou uma violação cometida na presença de uma potencial situação de risco que, se não for devidamente controlada, pode causar danos.

Para Reason (1990) as falhas humanas dividem-se basicamente em duas tipologias: erros e violações.

Os erros são atos inseguros não-intencionais em que as atividades mentais ou físicas do operador não atingem um resultado pretendido, devido à falta de habilidade ou percepção da situação, ou capacidade de julgamento ou de tomada de decisão.

As violações são atos inseguros intencionais e (por isso negligentes), que não obedecem aos procedimentos e restrições previstas nas instruções publicadas, regulamentos ou outras diretivas oficiais, gerando situações de risco.

Reason (1990) propõe dividir os erros em dois grupos, de acordo com a causa determinante. Um é denominado de “Deslizes”, ou seja, as falhas na execução das ações. O outro denomina-se de “Enganos”, que são o resultado de falhas no planeamento ou nas soluções de problemas.

Os erros baseados nas habilidades geralmente são definidos como “descuidos” e “lapsos” e estão relacionados com fatores de atenção. O planeamento é adequado, mas as ações fracassaram com o que foi planeado. São falhas não pretendidas na execução. Os descuidos estão relacionados com ações observáveis e estão associados com falhas na atenção ou na percepção. Os lapsos estão relacionados com falhas da memória.

- Exemplos de descuidos:

-Aplicar um binário de aperto excessivo;

-Mover um interruptor para cima em vez de para baixo.

- Exemplo de lapso:

-Esquecer-se de colocar lubrificante numa peça.

Os deslizes e lapsos são verificados em processos com desempenho automatizado, como as trocas de velocidades ao dirigir um automóvel, por exemplo, ou tarefas de rotinas normalmente realizadas em ambiente com o qual o trabalhador está bem familiarizado. Eles invariavelmente estão associados a alguma forma de captura da atenção, sejam distrações por eventos ocorrendo nas proximidades, ou seja, por preocupação com algum outro assunto (Slavutzki, 2010).

Segundo o mesmo autor, quando as ações ocorrem de acordo com o planeamento, mas esse planeamento é inadequado para alcançar o objetivo temos erros definidos como engano que podem ser divididos em enganos baseados nas regras e no conhecimento.

Os enganos baseados nas regras envolvem a má aplicação das boas regras, as falhas em aplicar uma boa regra, o diagnóstico incorreto de uma situação, compreendem a aplicação de regras incorretas e a seleção de regras não apropriadas.

Por outro lado, os enganos baseados no conhecimento ocorrem quando não existem soluções definidas, preparadas e temos que resolver o problema de imediato. Podem ser caracterizados pela atenção seletiva, ou seja, prestar mais atenção em algumas características ou em características incorretas.

- Exemplo de engano:

-Realizar corretamente um trabalho de manutenção para um determinado item de uma aeronave, mas no final descobrir que deveria ser feito para outro item.

Reason (1995) caracteriza um tipo de origem de insucesso na consecução de um objetivo, que deve ter identificação distinta dos deslizes e enganos - são as violações. Violações são desvios de práticas de operação segura, de procedimentos, padrões ou regras. Violações são classificadas em três grupos. O primeiro é formado pelas violações rotineiras, como fazer atalhos sempre que possível. O segundo grupo inclui as violações de otimização, entendidas como aquelas que trazem mais benefícios pessoais do que para a tarefa, como brincadeiras ou ações para aliviar a monotonia. Finalmente, o grupo das violações necessárias ou situacionais, que parecem ser a única forma de cumprir a tarefa, e onde regras e procedimentos parecem ser inapropriados para a presente situação.

- Exemplo de violação:

-Detecta-se uma fenda de dimensão significativa na estrutura de uma aeronave, tapa-se com um material adesivo por cima da mesma como disfarce, e autoriza-se a libertação para voo da aeronave.

Reason (1995) afirma que violações diferem de erros em muitas formas. Enquanto erros vêm de problemas informacionais (esquecimento, desatenção, conhecimento incompleto, etc.), as violações são associadas a problemas motivacionais (baixa moral, exemplos fracos da supervisão, falta de preocupação, etc.). Erros podem ser explicados pelo que passa na mente de um indivíduo, enquanto as violações ocorrem em contextos sociais regulados. Erros podem ser reduzidos pela melhoria da qualidade e da entrega de informações dentro do local de trabalho, enquanto violações requerem melhorias motivacionais e organizacionais.

A próxima figura esquematiza, de forma resumida, a classificação dos erros humanos anteriormente referida.

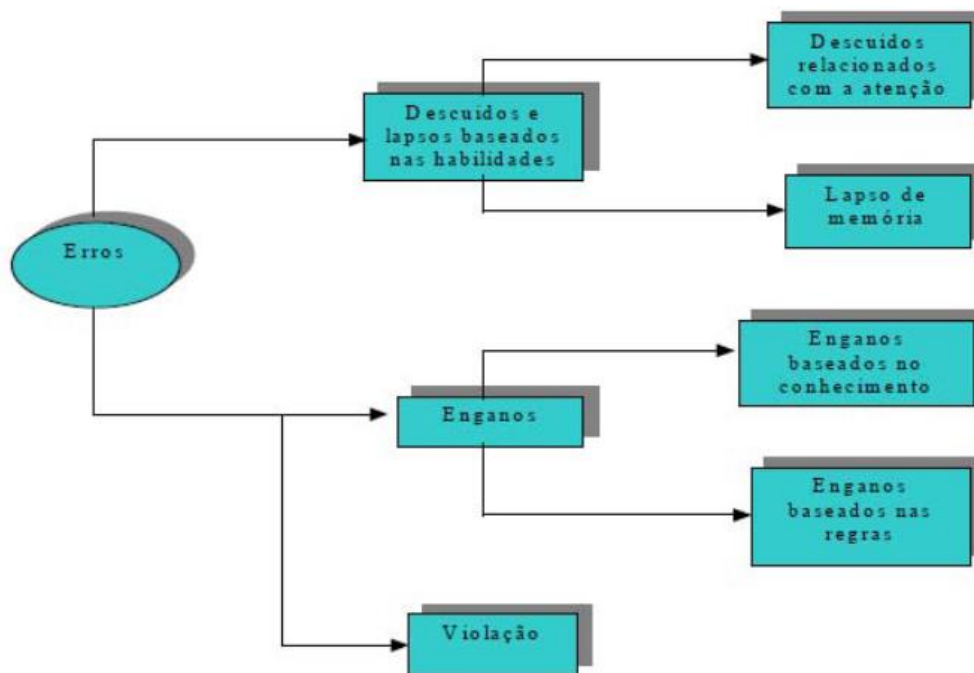


Figura 2- Classificação de erros humanos.

Para além da classificação de erros acima descrita, alguns autores sugerem outros tipos de classificações. Com o objetivo de enriquecer mais este tópico, apresentam-se algumas delas em seguida.

Swain e Guttman (1983) classificam os erros da seguinte maneira:

- Erro por omissão: Ausência de uma das etapas da tarefa;
- Erro por ação: quando se realiza determinada tarefa de maneira incorreta;
- Erro por ato externo: algo acontece fazendo desviar a atenção do operador das suas tarefas;
- Erro sequencial: acontece por alteração na sequência certa de realização das tarefas;
- Erro de tempo: acontece por uma tarefa ter sido realizada ou antes ou depois do tempo certo.

Os erros humanos podem ser também classificados como recuperáveis e irrecuperáveis (Kantowitz & Sorkin, 1983). Erro recuperável é aquele que tem potencial de causar danos, porém, devido a um bom projeto ergonómico, não acontece nada de grave. Erro irrecuperável é aquele onde não é possível evitar as sérias consequências.

Outra distinção que Reason (1995) propõe, entre as falhas humanas, diz respeito às falhas latentes e falhas ativas. A consideração de como as pessoas contribuem para as falhas é

que nos define o enquadramento entre estas duas categorias. A diferença está relacionada com o intervalo de tempo que decorre até que as falhas mostrem os seus impactos na segurança.

Nas falhas ativas, o resultado negativo é imediato, enquanto nas falhas latentes é possível passar um longo tempo até que ocorra o impacto, algumas vezes, muitos anos. Falhas ativas são atos inseguros (erros ou violações) cometidos por aqueles que estão no chão de fábrica, diretamente na interface homem-sistema, cujas ações podem ter consequências adversas imediatas.

Já as falhas latentes são criadas como resultado de decisões nos escalões mais altos da organização. As consequências danosas dessas decisões podem permanecer dormentes por longo tempo e somente tornarem-se evidentes quando se combinarem com fatores disparadores locais, para quebrar as defesas do sistema.

2.3.2 Modelos teóricos em Fatores Humanos

O estudo dos Fatores Humanos (FH) compreende um esforço multidisciplinar de compilar informação sobre as interações homem-máquina, homem-ambiente, homem-procedimento e homem-homem. A interação com outros seres humanos, o seguimento de procedimentos e normas, a utilização de ferramentas e equipamentos, a utilização de estruturas organizacionais de apoio e proteção e a relação com outros sistemas, revelam capacidades e limitações humanas (Conde, 2007). O autor anterior refere, ainda, que a informação obtida permite trabalhar vastas áreas de atuação como Equipamentos, Sistemas, Ergonomia, Funções, Fatores Externos, Formação e Gestão de Pessoal, visando uma performance humana segura, eficiente e eficaz, reduzindo a possibilidade de erro.

Um dos modelos que possibilita a exploração deste tema é o Modelo SHELL, desenvolvido inicialmente por Edwards, em 1972, modificado posteriormente por Hawkins, em 1975 (ICAO, 2003), como podemos ver na figura abaixo:



Figura 3- Esquema do modelo SHELL

Onde:

S - Simboliza *Software* (suporte lógico) e engloba os procedimentos, manuais, cartas, mapas, listas de verificação, programas de computador, planos de voo, o apoio lógico;

H - Simboliza *Hardware* (equipamento, máquina) que são os componentes e a configuração da estação de trabalho, como, controles, dispositivos, assentos, painéis, etc.;

E - Simboliza *Environment* (ambiente) e divide-se em ambiente físico interno (climatização, ruído, vibração, etc.), físico externo (condições meteorológicas, visibilidade, pista, balizamento, etc.) e organizacional (políticas e práticas administrativas, estrutura organizacional, cultura, etc.);

L - Simboliza *Liveware* (elemento humano) são as relações mútuas entre pessoas e grupos.

O modelo SHELL é representado por um diagrama de blocos (figura 3) baseado nas iniciais dos seus componentes, tendo o homem (*liveware*) como o elemento central. As interfaces entre cada componente (S - H - E) são vinculadas ao componente L (o elemento humano), devem adaptar-se e ajustar-se a ele, e não envolvem as interfaces que se encontram fora dos FH (máquina - máquina, máquina - ambiente, suporte lógico - máquina) (Martins, Guimarães, Filho, & Siqueira, 2004).

Segundo os mesmos autores acima referidos, o elemento humano (*liveware*) é o componente mais crítico e flexível no sistema. Apesar das pessoas estarem sujeitas a consideráveis variações em termos de desempenho e sofrerem muitas limitações, grande parte desses fatores são atualmente previsíveis. As margens dos blocos desenhados (as áreas de contato entre os componentes do modelo) não são simples e retas, portanto, os outros componentes do sistema devem ser cuidadosamente combinados entre si se algum fator ou colapso eventual tiver que ser evitado, pois uma falha nessa combinação poderá ser uma importante fonte de erro humano.

Segundo a FAA, os componentes deste modelo relacionam-se da seguinte maneira (FAA, 2002):

- Elemento Humano - Máquina: é a interface mais frequentemente considerada e relaciona-se com os ajustes da máquina ao corpo humano (assento, telas, controles, etc.). Entretanto, por uma característica natural do homem de se adaptar aos desajustes, é possível encobrir-se uma deficiência nesse sistema, mas isso não eliminará a sua existência. Erros podem advir da má localização ou da identificação inadequada de botões e alavancas, por exemplo, o que justifica a importância da análise dessa relação desde o início do projeto de um sistema.

- Elemento Humano - Software (Suporte Lógico): envolve o ser humano e os aspectos não físicos do sistema, tais como procedimentos, apresentação geral dos manuais e *checklists*, símbolos e programas de computador. Os problemas nessa interface não são objetivos e são de difícil solução, podendo resultar da má interpretação de mapas confusos, de documentação enganosa ou composta por excessivos elementos, incluindo a automação.
- Elemento Humano - Ambiente: foi uma das interfaces que primeiro se reconheceu na aviação. As medidas adotadas inicialmente visavam garantir a adaptação do ser humano ao ambiente (capacetes, fatos de voo, fato anti-G2, máscaras de oxigênio, entre outros). Posteriormente, buscou-se adaptar o ambiente ao homem (pressurização e sistema de ar condicionado, isolamento acústico). Hoje, as preocupações incluem também as consequências das concentrações de ozono e de radiação em voos de altitude, alteração do ritmo circadiano em viagens transcontinentais, erros de percepção provocados por condições meteorológicas, aspectos organizacionais, o contexto político e económico da empresa aérea e suas restrições.
- Elemento Humano - Elemento Humano: é a interface que envolve as relações interpessoais entre as equipes de trabalho, sendo relevantes aspectos como liderança, cooperação, trabalho em equipe, interação de personalidades, relações de trabalho. A tripulação, os controladores de tráfego aéreo, os engenheiros e técnicos de manutenção e os demais profissionais operacionais funcionam como um grande grupo, e a influência grupal exerce importante papel na determinação de comportamentos e de desempenho.

Outro modelo de FH de grande relevância para a aviação é o Modelo de Gestão de Erros, desenvolvido pelo inglês James Reason, que inicialmente concebe a indústria aeronáutica como um sistema de produção complexo, interativo e organizado. Nesse modelo, Reason analisa o modo como os seres humanos contribuem para as falhas desse sistema a ponto de produzir um acidente aeronáutico.

Assim, para o autor, um acidente é causado por uma série de fatores múltiplos contribuintes, que se formam através de uma cadeia de eventos (falhas latentes em interação com falhas ativas) que rompem as barreiras defensivas (Reason, 2000). As barreiras defensivas seriam então os filtros desenvolvidos pelas organizações com o objetivo de remover, minimizar ou proteger-se de danos operacionais.

O modelo do queijo suíço, proposto por Reason, mostra os diversos níveis de defesas e barreiras que o sistema tem, baseados em engenharia, dependentes das pessoas, baseados em procedimentos ou em controles administrativos, que tem a função de proteger potenciais vítimas ou o património dos riscos locais. Na maioria das vezes, eles funcionam bem, mas têm fraquezas.

Segundo Liberman, a imagem de um mundo “ideal” seria representada pelas sucessivas camadas defensivas que permaneceriam intactas e assim impediriam a penetração de possíveis acidentes. Entretanto, no mundo “real” as camadas de defesa apresentam fraquezas ou “buracos” que se movimentam dinamicamente em resposta às ações dos operadores do sistema (Liberman, 2004).

A presença de buracos numa fatia, normalmente, não causa um mau resultado. Isso só acontece quando, em dado momento, os buracos de várias camadas se alinham, permitindo a trajetória de uma oportunidade de acidente ou ocorrência (Reason, 2000).

Segundo Reason (1990), o acidente é o resultado de uma seqüência de falhas que começa com as influências organizacionais, passa pelos aspetos da supervisão, por precondições de Ações Inseguras, as chamadas Falhas Latentes, e, finalmente, pelas próprias Ações Inseguras, a chamada Falha Ativa. A existência de barreiras defeituosas ou ausentes, em todos estes níveis de falha, é a única forma de acontecer um acidente.

Na seguinte figura podemos observar o esquema relativo a este modelo, para uma melhor compreensão:

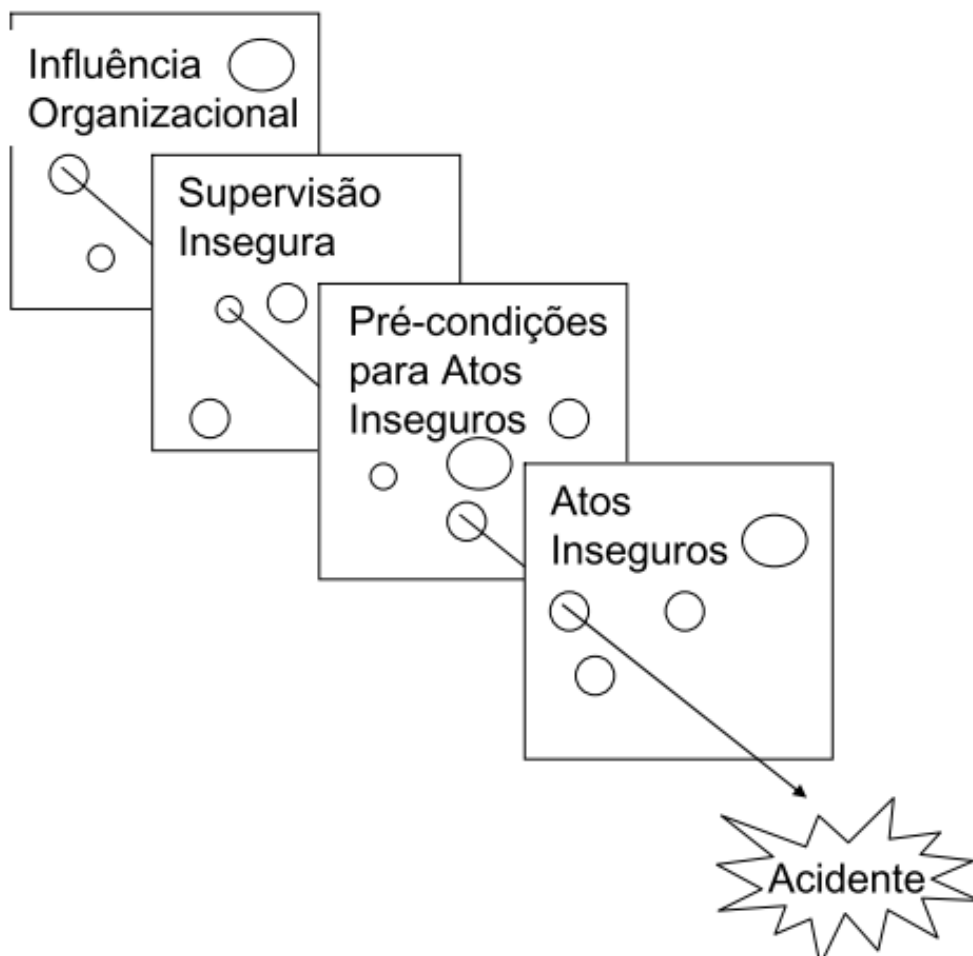


Figura 4- Esquema do modelo do queijo suíço.

2.4 Erro humano na Manutenção

A segurança da aviação depende da capacidade para minimizar o erro em todas as áreas do sistema. Embora o erro humano na tripulação tenha recebido muita ênfase, recentemente a atenção tem sido direcionada para reduzir o erro humano na manutenção. As tarefas de manutenção da aviação fazem parte de uma organização complexa, onde os indivíduos executam tarefas variadas em um ambiente com pressões de tempo e, por vezes, condições ambientais difíceis. Essas características situacionais, em combinação com a tendência natural para o homem errar, resultam em variadas formas de erro. O resultado mais grave é o acidente com perda de vidas humanas. Embora os erros que resultam em acidentes sejam mais salientes, os erros na manutenção e inspeção têm outras consequências importantes (por exemplo: atrasos nos voos, atrasos na disponibilidade de aeronaves, desvios para aeroportos alternativos) que impedem a produtividade e a eficiência das operações das companhias aéreas e trazem inconveniências para os clientes (Latorella & Prabhu, 2000).

Segundo Junior, a manutenção pode ser definida, de uma forma geral, como: “medidas necessárias para a conservação ou permanência, de alguma coisa ou situação” e ainda “os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”. Define, ainda, manutenção como “o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas e equipamentos, com o objetivo de garantir a continuidade da sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazo, de custos e de vida útil adequados”. Nesta definição, de grande abrangência, a manutenção é caracterizada como um processo que se deve iniciar antes da aquisição e que tem como principal função o prolongamento da vida útil do equipamento ou sistema (Junior, 2013).

No caso específico do ambiente aeronáutico e de acordo com a legislação Commission Regulation (EU²) No 1321/2014 of 26 November 2014 artigo 2, manutenção é definida como: “qualquer revisão, reparação, inspeção, substituição, modificação ou retificação de avarias, bem como qualquer combinação destas operações, executada numa aeronave ou num componente da aeronave, à exceção da inspeção pré-voos”.

À medida que a frota da aviação comercial envelhece, as aeronaves requerem mais inspeção e manutenção. As tendências simultâneas de aumento da carga de trabalho referentes a manutenção e inspeção e diminuição do número de pessoal técnico de manutenção fazem prever os crescentes problemas de segurança associados a erros humanos na manutenção e inspeção.

Felizmente, os avanços tecnológicos têm atenuado, até certo ponto, os efeitos dessas tendências. Os sistemas de segurança contra falhas, hardware aprimorado, melhor design de

² European Union

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. Embora seja tentador pensar em tais avanços tecnológicos como necessariamente melhorias para a segurança geral, deve-se considerar que as inovações também exigem que os seres humanos adquiram novas habilidades e conhecimentos, que podem levar a oportunidades adicionais de erro humano.

O foco da melhoria da manutenção e inspeção da aviação tem sido, tradicionalmente, melhorar a tecnologia utilizada nestas tarefas. Uma vez que este foco introduziu preocupações adicionais relacionadas com o erro humano, as tentativas mais recentes de melhorar a segurança da aviação têm-se centrado na redução do erro dos inspetores e dos técnicos de reparação (Reason & Maddox, 1995).

A gestão de erros humanos tornou-se um aspeto crítico das indústrias da aviação para aumentar a segurança e a confiabilidade geral do sistema de aviação comercial.

2.4.1 Ambientes e tarefas de manutenção na aviação

As tarefas de manutenção na aviação ocorrem dentro do contexto mais amplo de fatores ambientais físicos e organizacionais. Um modelo de sistema de manutenção e inspeção da aviação define quatro componentes interagindo neste sistema (operadores, equipamento, documentação e tarefas) e sugere que estes componentes interagem ao longo do tempo, bem como nos ambientes físico e social, ou organizacionais. Além das considerações sobre as tarefas executadas, o modelo do sistema enfatiza as interações entre os operadores, as interações dos operadores com o equipamento e a documentação usada e o ambiente físico e de trabalho no qual essas tarefas ocorrem (Latorella & Drury, 1992).

As classes de operadores incluem pessoal de inspeção e reparação em vários níveis organizacionais (operadores de linha, operadores “líder”, operadores de nível de chefia), bem como chefes de produção e engenheiros. O equipamento usado nas tarefas de inspeção e manutenção varia desde ferramentas comuns (por exemplo, lanternas, espelhos, réguas) a equipamentos mais elaborados que requerem treino especializado, como o exigido para testes/inspeção não destrutivos (por exemplo ressonância magnética, líquidos penetrantes) (Latorella & Prabhu, 2000).

O mesmo autor, acima mencionado, refere que a documentação, ou seja, todo o ambiente de informação utilizado na manutenção, inclui não apenas aqueles requeridos e usados para realizar tarefas específicas de inspeção e manutenção (por exemplo, gráficos e procedimentos em cartões de trabalho, materiais de referência, formulários de notificação de defeitos) mas também aqueles que são necessários para coordenar as atividades de inspeção e manutenção (por exemplo, formulários de rotatividade de turnos). O ambiente físico é definido

por parâmetros como temperatura, nível e tipo de ruído, nível de iluminação, cor e distribuição e a presença de potenciais riscos físicos e químicos para os operadores.

O ambiente físico inclui não só essas características ambientais, mas também características no espaço de trabalho, como a adequação da iluminação de tarefas através de uma lanterna (Reynolds & Drury, 1993). O ambiente organizacional é igualmente importante e está a receber maior atenção na manutenção da aviação.

Os tópicos seguintes caracterizam de uma forma mais detalhada as tarefas de manutenção e a configuração organizacional envolvente.

➤ **Tarefas de manutenção e inspeção na aviação**

Drury descreve as funções a este nível do sistema como planeamento, abertura/limpeza, inspeção, reparação e reinspeção. Inicialmente, uma equipa, incluindo a autoridade nacional de aviação em causa e o fabricante³ de aeronaves, define os procedimentos de manutenção e inspeção para companhias aéreas de aviação comercial (Drury, Automation in quality control and maintenance, 1996).

Os itens de trabalho são definidos por modelos preditivos de desgaste de equipamentos e materiais, e são apoiados por observações prévias, bem como no resultado de investigações de incidentes e acidentes. As companhias aéreas definem então as programações definitivas num processo que deve cumprir os requisitos legais (Shepherd, Johnson, Drury, Taylor, & Berninger, 1991). Este processo requer que se considere a interferência entre tarefas de inspeção e reparação devido ao acesso necessário, equipamento e / ou restrições de meios humanos, de forma a minimizar o tempo total que a aeronave está fora de serviço.

O resultado deste planeamento é o agrupamento de itens de manutenção e inspeção no chamado *check*, sendo os mais comuns os denominados de tipo A, B, C e D e na criação de Cartas de Trabalho que especificam esses itens e os procedimentos para realizar a sua inspeção/reparo/substituição (Latorella & Prabhu, 2000).

A função de abertura/limpeza prepara a área de inspeção/reparação. Antes da inspeção, a área deve ser limpa e desprovida de óleo, fluido hidráulico ou outras interferências visuais. Tipicamente, os painéis de acesso são removidos e a limpeza interna deve ser realizada (Latorella & Prabhu, 2000).

³ Por fabricante de uma aeronave deve ser entendido a entidade que projetou e produziu uma aeronave, tendo, em resultado, obtido o respetivo Certificado de Tipo (Type Certificate - TC), o qual atesta o cumprimento das especificações previstas na regulamentação de homologação definida por determinada autoridade aeronáutica, e.g., FAA, EASA, etc. Na Europa tem-se como exemplo de normas emitidas pela EASA que definem o padrão de emissão de TC a regulamentação CS-23, CS-25 e CS 27. Para efeitos deste texto, consideraremos sempre a expressão Fabricante da Aeronave como a entidade que observa o anterior, não englobando as entidades que são subcontratadas para produzir sob licença uma aeronave - vulgo *built to print*.

A inspeção pode ser realizada visualmente (ou também usando meios táteis e auditivos-por interpretação do ruído provocado pelo toque) ou usando métodos de teste não destrutivos (Latia, 1993), que fazem salientar a zona inspecionada para posterior interpretação visual. Com as ferramentas apropriadas, o inspetor vai analisar a área definida na Carta de Trabalho e escrever as considerações finais sob a forma dum relatório.

A atividade de reparação também exige Cartas de Trabalho. As Cartas de Trabalho de reparação especificam o trabalho a realizar e informam acerca dos materiais necessários para executar a tarefa em causa. A pessoa responsável pela tarefa localiza então o local da reparação e remove quaisquer peças adicionais para aceder ao elemento que necessita de reparação. Itens removidos são inspecionados e armazenados. Os técnicos executam os procedimentos de diagnóstico especificados nas Cartas de Trabalho e determinam se reparam ou substituem o elemento em causa. Uma vez avaliada a situação, os técnicos podem precisar de obter peças adicionais antes de realmente reparar ou substituir o elemento. Após a reparação/substituição, os sistemas relevantes são reiniciados, os níveis de fluido são restaurados e o sistema ajustado às especificações. A função de reparação conclui fechando-se o acesso à área em causa e fazendo os ajustes finais (Latorella & Prabhu, 2000).

Uma segunda pessoa de manutenção, geralmente um inspetor, pode reinspeccionar uma reparação antes do item ser fechado (Drury, Automation in quality control and maintenance, 1996). Antes de devolver uma aeronave ao serviço, todos os itens programados e itens adicionais resultantes da inspeção devem ser certificados como concluídos ou registados como diferidos. O diferimento de manutenção só é possível em determinadas situações pré-definidas, nomeadamente, para itens que não são críticos para a segurança (Drury, Automation in quality control and maintenance, 1996). Pode ser diferida a manutenção em artigos que estejam, pelo menos, nestas circunstâncias:

- Itens inscritos na MEL;
- Limitação de operação esteja prevista nos manuais aplicáveis;
- Extensão da utilização está prevista no plano de manutenção da aeronave.

Esses itens serão tratados no próximo ciclo de manutenção, quer seja programada ou não-programada.

➤ **Contexto Organizacional**

O sistema de manutenção e inspeção inclui não apenas os técnicos individuais que desempenham as funções acima descritas, mas também o pessoal inserido no patamar organizacional da companhia aérea, bem como em agências reguladoras, fabricantes de

aeronaves e fornecedores de componentes. O contexto organizacional em que a manutenção e a inspeção ocorre é tão importante para a compreensão do erro humano como as próprias funções de inspeção e reparação (Latorella & Prabhu, 2000).

Num nível mais exigente, a função de planeamento traduz requisitos organizacionais (por exemplo, impostos por agências reguladoras e fabricantes) em requisitos para transportadoras aéreas e, conseqüentemente, traduz esses requisitos em um cronograma de atividades locais para o pessoal de inspeção ou reparação. Outra função do nível organizacional é proporcionar controlo de qualidade e garantia dos processos de inspeção e manutenção (Latorella & Prabhu, 2000).

Além destas funções específicas, as características organizacionais gerais influenciam o desempenho ao nível individual. Fatores organizacionais (por exemplo, definição de grupos de trabalho/isolamento de trabalhadores, estruturas de reporte, sistemas de recompensa e questões de confiança e autoridade) demonstram afetar os padrões de trabalho nas operações de manutenção na aviação (Taylor, 1990).

Mais especificamente, o erro humano nas instalações de manutenção de uma grande transportadora aérea é influenciado por características como a estrutura organizacional, gestão de pessoas, fornecimento de ferramentas e equipamentos de qualidade, treino e seleção, pressões comerciais e operacionais, planeamento e programação, manutenção de edifícios e equipamentos e comunicações (Rogan, 1995).

2.4.2 Tipos de Manutenção

Segundo vários autores (Bergamo, 1997; Blanchard & Fabrycky, 2003) podemos dividir a manutenção aeronáutica em dois tipos principais:

- **Manutenção Preventiva/Programada** - realizada em intervalos programados, independentemente de falhas, determinados em horas de funcionamento, quantidade de ciclos ou prazo de validade, que se baseiam numa estimativa média de ocorrência de falhas. Este método apresenta a grande vantagem da previsibilidade, no entanto, Eduardo, salienta os elevados custos de manutenção devido ao desperdício da vida útil, devido à substituição de componentes que ainda podem estar em bom estado (Eduardo, 2003). Evidentemente, em frotas grandes, nas quais uma unidade representa uma ínfima percentagem, ou para componentes de pequeno valor de reparo ou aquisição, e que não sejam críticos, esta metodologia é bastante recomendada, uma vez que não implica paragens súbitas de operação. No caso de frotas reduzidas esta metodologia será mais inconveniente, embora necessário.

- Manutenção Corretiva/Não programada - realizada sempre que ocorrer uma situação indesejada, no intuito de restabelecer a condição operacional de um determinado equipamento. O componente pode permanecer em operação até falhar, resultando na imprevisibilidade da interferência em termos de prazo e material necessário, uma vez que a falha só é conhecida após o incidente. Esta metodologia não deve ser aplicada em itens críticos que levem a prejuízos inaceitáveis, como acidentes, perdas humanas ou valores elevados. Para itens não críticos, esta metodologia é simples e recomendada, pois não origina desperdício da vida útil. Todavia, para Eduardo (2003), a manutenção corretiva é a que acarreta os maiores custos associados a perdas de produção, uma vez que as paragens são inesperadas e não há a possibilidade de se efetuar um planejamento eficiente. Acrescentam-se a isso os fatores disponibilidade mínima, e tamanho da frota. Em frotas pequenas, uma unidade disponível responde por elevado percentual, o que, associado à imprevisibilidade da interferência, pode comprometer a disponibilidade mínima necessária, não sendo, portanto, a mais recomendada.

Atualmente, a manutenção de aeronaves está baseada nestas duas principais metodologias. Embora, nos dois casos, os manuais técnicos tenham o tipo de manutenção necessária, não levam em consideração a variação na operação propriamente dita, ou fatores relacionados com o plano de manutenção, como stock de peças, quantidade e disponibilidade da frota e oportunidade de realização da intervenção (Duek, 2005).

Segundo o autor acima referenciado, os sistemas de manutenção mais recentes abrem portas à possibilidade de uma terceira via, chamada manutenção preditiva. A metodologia preditiva assemelha-se à preventiva no que toca à remoção do componente antes de o mesmo apresentar falha ou degradação de performance, como é o caso de motores de avião. A principal diferenciação é a flexibilidade do prazo dessa intervenção, sendo fixo antecipadamente na preventiva, enquanto que a preditiva estabelece a interferência conforme os resultados obtidos no acompanhamento do desempenho de determinado dispositivo, procurando o momento ideal de intervenção.

Com o acompanhamento/monitorização das condições dos equipamentos, os momentos de intervenção podem-se apoiar em dados reais de cada unidade, acontecendo em momento adequado. Esta manutenção permite uma maior disponibilidade do equipamento durante toda a sua utilização, não incorrendo em remoção prematura e revisões desnecessárias (Duek, 2005).

Estes três métodos - preventivo, corretivo e preditivo - não podem ser comparados entre si de modo a dizer que um método é melhor que o outro. Há que se analisar variáveis como efeitos de falhas, custos do componente e do serviço, viabilidade do acompanhamento, tamanho da frota, disponibilidade desejável, planejamento da produção ou operação,

dificuldade de intervenção, oportunidade da intervenção, número de peças em stock ou disponibilidade junto do fornecedor e outros considerados pertinentes pelo engenheiro responsável pela manutenção. Isto tudo demonstra que para cada situação, há uma melhor metodologia a ser aplicada (Duek, 2005).

Esta possibilidade de variação metodológica, leva a uma quarta alternativa que pode ser denominada de manutenção mista ou flexível (progressiva) que engloba os três métodos acima explicados, sendo cada um deles adotado de acordo com a situação em causa.

2.4.3 Causas e erros mais comuns na manutenção

Vários estudos identificaram os efeitos imediatos mais comuns do erro humano na manutenção da aviação. Uma companhia aérea mostra que a distribuição de 122 erros de manutenção durante um período de três anos resultou das seguintes situações: omissões (56%), instalações incorretas (30%), peças erradas (8%), outras (6%) (Graeber & Marx, 1993).

As causas mais comuns para a ocorrência do erro humano na manutenção foram analisadas por Gordon Dupont (UK CAA, 2002) e são vulgarmente conhecidas por *Dirty Dozen*:

- Ausência de comunicação;
- Complacência;
- Falta de conhecimento;
- Distração;
- Escassez de trabalho em equipa;
- Cansaço físico e mental;
- Insuficiência de recursos;
- Pressão nas tarefas;
- Falta de assertividade;
- Stress;
- Falta de controlo da situação;
- A norma.

Importa, contudo, referir que são justamente as falhas ao nível destas 12 dimensões que contribuem para os erros mais comuns na manutenção, identificados pela United Kingdom Civil Aviation Authority (UK CAA, 2002), nomeadamente:

- Instalação incorreta de componentes;
- Perda de objetos na aeronave;
- Discrepâncias nos sistemas elétricos;
- Falta de lubrificação;
- Painéis e portas de acesso ao interior da fuselagem mal apertados;
- Tampas de óleo e de combustível mal apertadas;
- Cavilhas de segurança do trem de aterragem não removidas na inspeção antes-de-voo.

2.5 Gestão do Erro Humano na Manutenção

Os itens seguintes abordam os esforços mais recentes que têm sido feitos para melhorar a deteção e a gestão dos erros humanos na manutenção.

2.5.1 Deteção de erros humanos

Existem dois métodos fundamentais para detetar erros na manutenção da aviação. O primeiro deteta erros humanos retroativamente e baseia-se em relatórios de erros que surgem quando existem desvios de desempenho pré-definidos pelo sistema. Em contraste, existem outros métodos de deteção pró-ativa, que incluem auditorias, avaliações subjetivas da confiabilidade do sistema e os métodos de simulação. Esta secção analisa o reporte de erros e os métodos de identificação pró-ativa de erros para detetar erros humanos na manutenção e inspeção na aviação comercial (Latorella & Prabhu, 2000).

➤ Sistemas de reporte de erros

Os sistemas de reporte de erros caracterizam, em vários aspetos, as causas de um evento negativo. Estes sistemas podem, depois, identificar as contribuições do erro humano para um incidente em particular e podem identificar, como resultado deste incidente, problemas sistémicos. Estes sistemas são, portanto, reativos a erros inerentes ao sistema. Existem muitas formas diferentes de sistemas de reporte de erros. A maioria dos sistemas atuais de relatórios de erros apresentam, entre eles, algumas características comuns (Drury, 1991; Latorella & Drury, 1992), a saber:

-Eles são influenciados pelo evento, isto é, o sistema apenas captura os dados se surgir uma dificuldade ou um defeito for encontrado;

-O tipo e estrutura da aeronave são o principal tipo de classificação para a elaboração de relatórios;

-Os relatórios de erros podem levar a alterações nos procedimentos de manutenção e inspeção.

A seguir apresentam-se duas formas de reporte de erros: investigação de acidentes e reporte de incidentes.

- **Investigação de Acidentes**

O National Transportation Safety Board (NTSB) realiza investigações de acidentes de aviação em que há perda de vida ou dano significativo na aeronave. Essas investigações verificam rotineiramente se a documentação reflete em como a manutenção foi realizada conforme programado e foi apropriada para a aeronave envolvida no acidente (Latorella & Prabhu, 2000).

Para além deste tipo de objeto da investigação do desempenho na manutenção, estas também consideram se o pessoal de inspeção/manutenção deveria ter identificado/reparado um problema que não estava necessariamente relacionado com a tarefa programada (Latorella & Prabhu, 2000).

Além disso, segundo o mesmo autor, se um problema de inspeção/manutenção estiver implicado, a investigação estende-se para englobar possíveis deficiências nos programas de controlo de qualidade e garantia das companhias aéreas, no mecanismo regulatório da FAA e nas recomendações do fabricante para a realização de tarefas de inspeção/manutenção. Estas investigações permitem elaborar e melhorar recomendações para as companhias aéreas (por exemplo, práticas de inspeção/manutenção, considerações ambientais, treino, controlo de qualidade e práticas de garantia), a FAA (por exemplo, garantir que as companhias aéreas aderem aos programas de manutenção) e para os fabricantes (por exemplo, planear novas ou aumentar a frequência das inspeções/reparações/substituições).

As investigações de acidentes também podem resultar na criação de inspeções específicas/reparações/substituição de componentes, ou aumentar a frequência com que se deve inspecionar/reparar/substituir certos componentes.

Apesar dos reportes do NTSB investigarem minuciosamente os mecanismos causais de acidentes e fornecerem recomendações úteis para abordar essas falhas no sistema, depender de relatórios de acidentes para identificar esses mecanismos é extremamente ineficiente (Latorella & Prabhu, 2000).

- **Reporte anónimo de incidentes**

O NTSB realiza investigações formais de acidentes. Os incidentes são reportados ao Aviation Safety Reporting System (ASRS). O ASRS permite que os indivíduos anonimamente relatem incidentes e problemas a um repositório centralizado e não regulatório. Depois de esclarecer detalhes nos relatórios, os responsáveis da ASRS removem as informações de identificação, permitindo que as pessoas que relatem os incidentes permaneçam anónimas. Os pilotos são os principais utilizadores deste sistema. Embora os mecânicos/técnicos também enviem relatórios ao sistema, tais situações são muito menos frequentes do que as contribuições dos pilotos (Latorella & Prabhu, 2000).

Segundo os autores acima referidos, as questões de manutenção/inspeção, no entanto, também surgem de reporte iniciados por pilotos. Os relatórios ASRS são acedidos e revistos periodicamente. Os investigadores podem solicitar compilações organizadas por palavras-chave de relatórios ASRS. Desta forma, estes relatórios fornecem um meio de identificar possíveis contribuições de erros humanos na inspeção e manutenção em incidentes de aviação.

Os mesmos Latorella e Prabhu referem que embora haja um mecanismo para o pessoal de manutenção relatar incidentes, os relatórios ASRS são predominantemente fornecidos por pilotos. Apesar destas considerações, de certa forma, limitantes, os relatórios ASRS fornecem informações úteis. Eles contêm, detalhadamente, mais exemplos de fenótipos de erro do que os relatórios NTSB e fornecem uma visão dos fatores envolvidos do ponto de vista do utilizador, geralmente relativamente logo após o incidente.

Allen Jr e Rankin sugerem que o sistema de aviação ficaria bem servido com um sistema de reporte anónimo especificamente para técnicos de inspeção e manutenção para relatar incidentes durante o processo de manutenção (Allen Jr & Rankin, 1995).

- **Sistemas internos para reporte de erros**

As companhias aéreas também mantêm os seus próprios sistemas de relatórios de erros. Estas monitorizam incidentes no sistema muito rigorosamente. Os registos são divididos segundo categorias tais como ferimentos pessoais, danos nos equipamentos ou aeronaves e atrasos. No entanto, a maioria dos sistemas de reporte de erro são usados separadamente por departamentos diferentes e raramente usados em conjunto para analisar o sistema como um todo (Wenner & Drury, 1996). Portanto, os sistemas de reporte de erros separados catalogam os fenótipos de erro de forma diferente. Esta dissociação dos erros em termos de fenótipo limita a capacidade de reconhecer o que pode ser um genótipo de erro comum.

O Maintenance Error Decision Aid (MEDA), desenvolvido pela Boeing Customer Services Division em cooperação com várias companhias aéreas e a FAA, é um sistema de reporte de erros que tenta averiguar a causalidade de um incidente em termos de fatores contribuintes. Segundo Allen Jr e Rankin (1995), os objetivos do MEDA têm como propósito:

-Melhorar o entendimento das organizações de manutenção das companhias aéreas sobre questões de desempenho humano.

-Fornecer um método padrão para analisar erros ao pessoal de nível de linha e de manutenção organizacional.

-Identificar as deficiências do sistema de manutenção que aumentam a exposição ao erro e diminuem a eficiência.

-Fornecer um meio de análise de tendências de erro para as organizações de manutenção de companhias aéreas comerciais.

Ao fornecer uma plataforma comum para a comunicação de erros, o MEDA oferece a oportunidade de uma maior integração dos reporte de erros entre as companhias aéreas e os fabricantes.

Os resultados destes sistemas de reporte são enviados à FAA que, posteriormente, remete para os fabricantes a informação que diz respeito a problemas específicos de manutenção através da emissão de *Advisory Circulars* e *Airworthiness Directives*.

Além destes sistemas de reporte, os fabricantes publicam *newsletters* de serviço e boletins que contêm algumas informações sobre incidentes de erro humano.

➤ **Métodos pró-ativos de deteção de erro**

Os sistemas de reporte de erros são mais úteis para desenvolver estratégias de gestão de erros para evitar que o erro em causa ocorra novamente. Embora existam casos em que o erro detetado e os fatores adjacentes sirvam para exemplo generalizado no futuro, estes métodos são basicamente reativos, ou seja, um acidente, incidente ou outro desvio do sistema da normalidade deve ocorrer para serem feitas essas análises. A segurança no sistema de aviação seria muito melhor se fossemos capazes de identificar erros sistémicos e os fatores que influenciam esses erros antes de se acarretar com os custos associados a essas eventualidades. Os métodos a seguir descritos (auditorias, avaliações subjetivas da confiabilidade do sistema e os métodos de simulação) foram utilizados para identificar de forma pró-ativa as situações geradoras de erros e as características das operações de inspeção e manutenção da aviação (Latorella & Prabhu, 2000).

- **Auditorias**

A maior parte das auditorias efetua-se para fins regulatórios. O seu objetivo é assegurar que as companhias aéreas seguem procedimentos de inspeção e manutenção prescritos, e têm programas de garantia de qualidade apropriados. Além dessas auditorias formais e regulatórias, os erros podem ser detetados através de uma auditoria de fatores humanos.

Uma auditoria de fatores humanos é uma metodologia para identificar falhas nas práticas laborais, inadequações no ambiente de trabalho e incompatibilidades entre tarefas que podem levar a erros humanos. A maioria das auditorias é realizada utilizando *checklists* e questionários (Latorella & Prabhu, 2000). Um exemplo de uma *checklist* pode ser consultado no final, em anexo.

No entanto, para o mesmo autor, as auditorias podem ser um pouco difíceis de levar a cabo: elas podem ser, de certa forma, intrusivas para o ambiente de trabalho normal; devem ser realizadas por alguém com conhecimentos em fatores humanos e também em manutenção e inspeção, geralmente uma combinação rara; pode ser difícil obter uma amostra suficientemente grande para uma auditoria se tornar útil; o tempo disponível para conduzir a auditoria nem sempre é suficiente para se analisarem em profundidade todos os aspetos que se gostariam.

Uma auditoria deve demonstrar a sua legitimidade (ao garantir que reúne todas as condições legais necessárias e adequadas), confiabilidade (digna de confiança para se tirarem conclusões), rigor (ao apresentar precisão nos dados recolhidos) e utilidade (deve ser possível tirar conclusões vantajosas para uso futuro) (Latorella & Prabhu, 2000). Quando usadas corretamente, as auditorias podem ser uma forma importante de avaliar proactivamente a probabilidade de erro.

- **Avaliações subjetivas da confiabilidade do sistema**

Alguns sistemas de deteção de erros usam escalas de classificação subjetiva para determinar se o ambiente de tarefas é propício a erros. Esta metodologia pressupõe que a probabilidade de erro de um sistema possa ser deduzida ao ter pessoas que trabalham no ambiente e que avaliem subjetivamente um conjunto de fatores (Latorella & Prabhu, 2000).

James Reason desenvolveu a MESH (Managing Engineering Safety Health) como uma ferramenta de avaliação subjetiva pró-ativa para a British Airways (Rogan, 1995). Segundo ele, a MESH assume que a resistência intrínseca do sistema aos fatores causadores de acidentes se deve à interação de vários outros fatores, tanto ao nível do local de trabalho como ao nível organizacional e proporciona a avaliação regular dos fatores locais e organizacionais segundo a percepção de avaliadores que fazem parte dos trabalhadores e/ou da gerência.

Os avaliadores, que são selecionados aleatoriamente, fazem avaliações subjetivas sobre determinados fatores do sistema através de um inquérito anónimo computadorizado. Um determinado grupo de avaliadores é selecionado por um período de tempo limitado e é depois substituído por um novo grupo. Posteriormente, o programa MESH acumula essas entradas e resume os fatores que poderiam contribuir para acidentes ou incidentes. Por fim, grupos de controlo de qualidade⁴ dentro da companhia aérea identificam e atribuem prioridades a problemas através dos perfis do MESH.

- **Métodos de simulação**

A observação direta, quer seja por um especialista ou por meio de avaliação subjetiva de indivíduos que fazem parte do sistema, requer intrusão no local de trabalho. Além disso, a interpretação dessas observações para mecanismos causais é muitas vezes difícil devido ao número de fatores situacionais e operacionais que variam e interagem dentro de um sistema real (Latorella & Prabhu, 2000).

Os métodos de simulação oferecem uma abordagem alternativa para prever erros humanos, permitindo um controlo/isolamento mais cuidadoso das variáveis situacionais e operacionais. As implementações de simulação vão desde simuladores de *part-task*, em que se observam operadores a realizar tarefas simuladas, a ambientes virtuais que incluem simulações de condições ambientais, até simulações do sistema que incluem um operador simulado.

2.5.2 Controlo do erro humano na manutenção e inspeção

Assim que se determinar em como certo erro humano é um fator num acidente, incidente, evento ou situação provável de erro, deve-se abordar como controlar e gerir esse erro. A maioria das situações pode ser abordada através de um leque de intervenções que são mais efetivas quando usadas em simultâneo. As intervenções para redução de erros incluem: seleção, treino, redimensionamento ou criação de novo equipamento, reformulação do trabalho e ajudas (Rouse, 1985).

De acordo com Michael E. Maddox (Embry Riddle Aeronautical University's Hunt Library, 1998), muitos dos fatores que contribuem para o erro humano são atualmente conhecidos e, através de bons programas de Fatores Humanos, os seus efeitos podem ser controlados.

Em seguida são enumerados alguns tópicos com técnicas e abordagens para reduzir a probabilidade de erro humano no ambiente de manutenção da aviação (Conde, 2007):

⁴ O controlo de qualidade é um procedimento ou conjunto de procedimentos destinados a garantir que um produto fabricado ou um serviço executado esteja de acordo com os requisitos de projeto e de produção incluindo contratuais. Um grupo de controlo de qualidade diz respeito aos indivíduos, dentro da empresa, que têm formação e estão habilitados a exercer esse controlo de qualidade.

1) Cultura de segurança e fatores organizacionais

É condição fundamental para o sucesso de uma cultura de segurança de uma organização que todos os indivíduos, aos mais diversos níveis de responsabilidade, partilhem um compromisso comum de segurança. Para tal é necessário um adequado dimensionamento de meios humanos e materiais.

A organização deve operacionalizar um modelo que, entre outras coisas:

- Reconheça a segurança como uma preocupação constante;
- Aplique os princípios dos FH;
- Preveja planos ou programas que encorajem e premeiem o relato, tanto de defeitos, perigos, ocorrências, discrepâncias, erros de manutenção, como de publicações, procedimentos e especificações de trabalho deficitárias ou obsoletas;
- Obrigue ao cumprimento dos procedimentos de segurança e da qualidade e ainda de todos os regulamentos de uma forma geral.

2) Fatores individuais

Quando se fala em fatores associados ao indivíduo estamos a considerar influências que podem levar o indivíduo a cometer erros ou violações de procedimentos. Estes fatores podem ser externos ou internos e englobar influências diversas, como sejam a forma física, a fadiga, o trabalho por turnos, o stresse, o barulho e a distração. Deverão ainda ser considerados fatores associados à personalidade, atitude, integridade profissional e motivação, bem como à capacidade de processar informação, ao conhecimento e à experiência. Todos estes fatores, individualmente ou combinados, condicionam indiscutivelmente a produtividade e qualidade do desempenho em ambiente de manutenção.

Assim, constituem práticas conducentes à segurança medidas como:

- O controlo de álcool e drogas, bem como, da higiene e saúde no trabalho;
- O controlo de tempos máximos de trabalho, de tempos mínimos de descanso, da assiduidade e a garantia de férias;
- Procedimentos de controlo para os períodos de maior alerta, bem como, o reforço na supervisão sobre o pessoal menos experiente e nos períodos com predisposição para menor atenção;
- A implementação de intervalos regulares na execução de tarefas repetitivas;

- O acesso à formação e treino.

3) Fatores ambientais, adequação de ferramentas e ergonomia

Os requisitos em termos de infraestruturas e ambiente de trabalho (União Europeia, 2003) recaem sobre os fatores externos e deverão também ser considerados, nomeadamente no que respeita a infraestruturas, proteção contra contaminações, temperatura, iluminação, ruído, e ainda, disponibilidade e adequação dos equipamentos e ferramentas. Como regra, deve ser garantido que os mecânicos tenham condições para efetuar as suas tarefas de forma segura e com um nível de conforto aceitável.

4) Procedimentos, documentação e dados de Manutenção

Os procedimentos e documentação técnica repartem-se por duas categorias - os produzidos e disponibilizados pelo fabricante, e os da responsabilidade da entidade operadora ou de manutenção (UK CAA, 2003). Existe um conjunto de princípios chave para a preparação e disponibilização de tais procedimentos, destacando-se:

- O envolvimento do pessoal da manutenção no desenho e atualização de procedimentos, pela experiência adquirida na realização das diferentes tarefas e pelo facto de serem os futuros utilizadores;

- A garantia de que toda a informação chave é incluída, que os passos e tarefas se sucedem na ordem adequada e que o procedimento não resulta demasiado complexo, sendo *user friendly*;

-A verificação e validação prática das especificações e respetivas atualizações antes da sua disponibilização;

- A acessibilidade constante à documentação atualizada, nos locais necessários e com uma qualidade de impressão adequada;

-O incentivo no sentido de que as ambiguidades, incoerências e falta de informação nos diversos manuais e registos de manutenção constituem oportunidade para melhorias, devendo por isso ser identificadas e comunicadas.

5) Comunicação

As competências de comunicação são particularmente importantes na manutenção de aeronaves pois o processo comunicativo estende-se, quer vertical, quer horizontalmente, na estrutura organizacional (ICAO, 2002) e, por isso, justifica-se que as competências sejam desenvolvidas por todos os perfis envolvidos na manutenção: dos mecânicos aos chefes de equipa, incluindo supervisores, inspetores e demais funções.

Por outro lado, o processo de comunicação nas manutenções aeronáuticas é distinto do efetuado noutros ambientes, como por exemplo no cockpit (UK CAA, 2002), visto ser regularmente estabelecido na presença de diferenças culturais e educacionais assinaláveis, nem sempre sendo síncrono ou presencial. Neste tipo de ambiente, ainda que a comunicação verbal continue a ser importante para relatar o progresso do trabalho ou confirmar determinadas ações, especialmente na mudança de turno, a comunicação escrita e os registos assumem um papel preponderante.

Neste âmbito, constitui melhores práticas garantir que:

- Existe um nível mínimo adequado de domínio da língua materna e da língua inglesa;
- Se utiliza um tipo de comunicação e registo de informação padronizado e altamente técnico, através do recurso corrente a siglas, acrónimos ou simbologia;
- As ambiguidades e dúvidas são colocadas e canalizadas de modo apropriado e célere, sendo o seu cabal esclarecimento endereçado a quem dele necessita;
- Todas as técnicas de comunicação não conformes são objeto de rejeição organizacional.

6) Planeamento, liderança e trabalho em equipa

O planeamento é crítico em FH já que visa assegurar a disponibilização adequada e atempada de pessoal certificado, ferramentas, equipamentos, material, procedimentos e infraestruturas, para a manutenção planeada e, desejavelmente, para um conjunto de tarefas não planeadas.

Assim sendo, o procedimento de planeamento da manutenção deverá englobar aspetos como o controlo de inventário, a coordenação com o abastecimento, as estimativas de horas/homem, e prever a segurança em tarefas críticas, nomeadamente para intervenções em períodos de menor alerta (primeiras horas da manhã ou os turnos noturnos).

Conforme estipulado no Regulamento Comunitário N° 2042/2003 (União Europeia, 2003), de 20 novembro de 2003, a organização deve ter um plano de trabalho com carga de trabalho em homem-hora, evidenciando que existem os recursos necessários ao planeamento, execução, supervisão, inspeção e controlo de qualidade. A entidade deve ainda manter um procedimento que determine o trabalho a realizar nos casos de insuficiência de recursos num determinado período ou turno.

No que diz respeito à liderança, torna-se decisivo o envolvimento e compromisso dos níveis intermédios, onde se incluem os supervisores, pelo exemplo a seguir que constituem e pela norma que o seu comportamento induz na mente dos subordinados.

Já o trabalho em equipa é crítico, uma vez que é fundamental a qualquer sistema complexo que vise obter o máximo rendimento dos seus recursos humanos. De entre as vantagens do trabalho em equipa salientam-se maior produtividade, criatividade, conhecimento e flexibilidade e, conseqüentemente, a realização do trabalho de forma mais eficiente e eficaz, e com um nível superior de qualidade. A organização deve assim procurar que os grupos de manutenção sejam coesos, coordenados e autocorretivos.

7) Treino em Fatores Humanos (com base no Regulamento N° 2042/2003 da EU)

A formação prática em FH deve ser encarada como parte integrante de um programa global que tenha por objetivo a melhoria da segurança e o decréscimo da exposição organizacional ao risco. Para tal, é indispensável que se dê visibilidade ao impacto da formação na segurança, e se divulgue o funcionamento do programa de FH, tal como previsto na legislação aeronáutica aplicável (vide abaixo).

A formação em FH, além de ajudar as pessoas a identificar onde residem os problemas relacionados com a intervenção humana, permite adotar as melhores práticas de FH em todos os aspetos do trabalho. A evidência dos acidentes e incidentes mostra que as lacunas ao nível de FH não se limitam aos Técnicos de Manutenção, estando frequentemente na sua base, decisões organizacionais e políticas divulgadas pelas chefias. Assim, a formação em FH deverá ser igualmente ministrada às cadeias hierárquicas e chefias intermédias, aos gestores do programa de FH, aos responsáveis pelo levantamento e avaliação das necessidades de formação, aos investigadores de acidentes, aos formadores técnicos e supervisores e ainda a eventuais subcontratados.

No Regulamento N° 2042/2003 da EU (União Europeia, 2003) é abordada em detalhe a questão do treino inicial e recorrente em FH. A duração tanto da formação inicial como da formação de continuação deverá ser determinada pela prévia avaliação das necessidades de treino.

Assim, a formação inicial deverá assumir a forma de um curso presencial a administrar, em média, ao longo de 3 dias. A inclusão de exercícios ou períodos de discussão pode alongar a duração do curso, mas apresenta-se como benéfica para reforçar alguns pontos específicos, gerar discussão e encorajar o debate.

A formação recorrente, normalmente a cada 2 anos, tem como objetivo assegurar uma regular atualização em FH, divulgar novos procedimentos e medidas de segurança, e proporcionar *feedback* face às situações atuais mais problemáticas.

Capítulo 3- Viabilidade de redução do erro humano na aviação por recurso a Electronic Flight Bag (EFB)

3.1 Introdução

A tecnologia digital na aviação está a evoluir rapidamente. A maioria dos operadores aéreos detém uma confiança absoluta em sistemas automatizados tanto no ar como no solo e a maioria das pessoas agora aceita que os computadores fazem um trabalho melhor do que nós. Os computadores, na aviação, estão em toda parte: em grande escala eles controlam aviões e em pequena escala são transportados para os aviões nos bolsos da tripulação e dos passageiros.

A necessidade de utilização de EFB nasce das dificuldades da atual conjuntura financeira que tem vindo a afetar todas as indústrias. A necessidade de as companhias aéreas da aviação civil reduzirem drasticamente os custos de operação leva a uma procura incansável pelos setores onde os custos podem ser reduzidos, sem penalizarem os consumidores com o aumento do preço dos bilhetes.

O EFB pode substituir a atualização manual, disseminação e processos logísticos e aliviar muitos dos problemas associados a eles. Embora o custo de introdução de um sistema EFB seja alto (Johnstone, 2013), os custos correntes anuais são baixos, quando comparados aos sistemas baseados em papel. Assim, o retorno pode ser alcançado rapidamente. Segundo o mesmo autor, na tentativa de minimizar os altos custos associados a conjuntos de documentos baseados em papel para os pilotos, muitas companhias aéreas comerciais importantes começaram a estudar a implementação de um sistema EFB próprio.

Os EFBs eram originalmente vistos como um repositório de documentos eletrónicos, tais como listas de verificação, manuais de operação e publicações de navegação. Agora são vistos como dispositivos multifuncionais que podem suportar uma variedade de aplicações que uma *flight bag* tradicional não conseguiria, por exemplo videovigilância da cabine, mapas de superfície do aeroporto, mensagens eletrónicas e exibição de meteorologia em tempo-real.

Gradualmente, à medida que os operadores aéreos percebiam os benefícios que o EFB oferecia, eles também reconheceram o seu potencial, de modo que evoluiu para uma ferramenta que agora desempenha um papel importante na segurança de voo pela informação que disponibiliza e pela maneira como o ser humano o usa e pela sua capacidade de se ligar

aos aviônicos da aeronave (Johnstone, 2013). O EFB constitui, sem dúvida, uma ferramenta que otimiza de forma extraordinária a monitorização e transferência de dados.

Seguidamente apresentam-se alguns itens que dizem respeito ao EFB, desde conceitos gerais, a sua história e evolução, a divisão em classes de acordo com o hardware e software, identificação de algumas das suas vantagens e desvantagens, o treino e formação exigido especificamente para a utilização do EFB até à certificação e considerações no design destes aparelhos para o seu uso no cockpit. Discute-se, ainda, a possível ameaça à segurança aérea provocada pela dependência na automação.

3.2 Conceito de EFB

Embora os EFBs possam parecer um equipamento familiar num ambiente de escritório, são dispositivos recentes e sofisticados da perspetiva da cabine de voo.

A EASA⁵ define EFB da seguinte maneira:

“An electronic information system, comprised of equipment and applications for flight crew, which allows for storing, updating, displaying and processing of EFB functions to support flight operations or duties” (EASA, 2014).

De uma forma simplificada, o EFB é um método de substituição de recursos da tripulação que antes eram fornecidos no papel, armazenando-os num computador portátil ou num computador incorporado no avião. Existem inúmeras vantagens nisso, por exemplo, um conjunto de manuais que devem ser transportados a bordo pode pesar até 50 kg e custa dinheiro transportá-los nos céus (Johnstone, 2013).

O EFB é um aparelho eletrónico/computador projetado para permitir ao utilizador a visualização de documentos em formato digital, a realização de cálculos intrínsecos à missão e o registo de informação. É vasta a panóplia de aplicações de um EFB sendo de realçar a capacidade do registo e de tratamento de informação relativa a consumos de combustível, abastecimentos, de anomalias e da transferência de dados para um computador central (Matias, 2013).

Os EFBs portáteis (por exemplo, quando se acede a software EFB usando um *laptop*, tablet ou assistente digital portátil) também são usados por engenheiros de manutenção para tarefas de gestão de defeitos das aeronaves, durante as escalas das mesmas. O pessoal de manutenção pode verificar o status técnico da aeronave (no fundo uma versão eletrónica do *technical log* da aeronave) e adiar ou dar como fechadas/encerradas falhas técnicas, novas ou já identificadas anteriormente, da aeronave conforme necessário. Os engenheiros também

⁵ European Aviation Safety Agency

podem usar os EFBs para aceder a documentação de manutenção relevante (por exemplo, manuais de manutenção de aeronaves e catálogos ilustrados de peças). Os EFBs avançados permitem que os engenheiros visualizem informações de peças e/ou encomendem peças (o software pode ser integrado com os sistemas de manutenção para que os engenheiros possam verificar a disponibilidade de uma peça e encomendar novas peças, se necessário). Outros EFB avançados podem servir de apoio a tarefas de manutenção de linha (por exemplo, relatórios de *checks* diários/semanais e atividades de manutenção não programada) (Cahill & Donald, 2006).

Fisicamente, os EFBs têm várias formas e tamanhos, desde computadores portáteis, tablets e *notebooks* a computadores pequenos que estão alojados dentro de compartimentos de equipamentos eletrónicos no avião ou ligados à estrutura da aeronave num local adequado do cockpit.

3.3 Breve história e evolução do EFB

Em seguida são referidas algumas noções gerais sobre a evolução do EFB, desde o primeiro registo deste sistema até aos tempos mais recentes.

Os primeiros precursores do EFB vieram de pilotos individuais no início da década de 1990 que usavam os seus *laptops* pessoais e *softwares* comuns (como *spreadsheets* (vulgo folhas de cálculo) e aplicativos de processamento de texto) para executar funções como cálculos de peso e centragem e preenchimento de formulários operacionais.

Uma das primeiras e mais abrangentes implementações do EFB foi em 1991, quando a FedEx implantou o *Airport Performance Laptop Computer* para realizar cálculos de desempenho da aeronave (este era um dispositivo *commercial off-the-shelf*⁶ e era considerado portátil).

Em 1996, a Aero Lloyd, uma transportadora alemã, introduziu dois *laptops* para avaliar o desempenho e aceder à documentação usada pela tripulação (OMICS, 2014).

O primeiro EFB projetado especificamente para substituir a *flight bag*⁷ completa de um piloto, foi patenteado por Angela Masson como o Electronic Kit Bag (EKB) em 1999 (St. Augustine, FL Patente N° 7974775, 1999).

Em 2005 foi emitido o primeiro Supplemental Type Certificate (STC) para EFB de Classe 2, que abrangeu a instalação de plataformas para a implantação do sistema de EFB composto

⁶ Termo que corresponde a sistemas adquiridos no mercado, por oposição a outros que tiveram que ser concebidos especificamente para o fim em causa. Tem como vantagens principais o custo de aquisição e a rapidez de aquisição, incluindo a maior disponibilidade de peças sobresselentes.

⁷ Mala que a tripulação ainda usa para transportar a documentação que é necessária a bordo de uma aeronave.

por computador e touchscreen navAero tBagC2². A instalação foi feita pela Avionics Support Group, Inc. num Boeing B737NG da Miami Air (OMICS, 2014).

Em 2006 a MyTravel tornou-se a primeira a implantar na sua frota um *electronic tech log* que usava a comunicação GPRS⁸, substituindo o processo em papel (OMICS, 2014).

Em 2009, num Boeing 757, a Continental Airlines completou com êxito o primeiro voo do mundo usando o *Airport Surface Area Moving Map* (AMM), da Jeppesen, que mostrava a posição real da aeronave numa plataforma de EFB Classe 2. O resultado foi uma percepção posicional/situacional muito melhorada, que é um fator de segurança crítico para reduzir as incursões de pista, especialmente em aeroportos muito movimentados e com layouts de pista e *taxiway* complexos (OMICS, 2014).

A partir de 2011 e, coincidindo com o primeiro aniversário do lançamento do iPad da Apple, um inventor chamado Richard Luke Ribich de Maumelle fez uma série de pedidos para o USPTO (United States Patent and Trademark Office) para uma série de patentes sobre a integração de computadores do tipo *tablet* como EFB em aeronaves de transporte de passageiros (OMICS, 2014).

Depois de testar iPads como EFBs em 2011, a Delta Air Lines anunciou em agosto de 2013 que iria lançar os dispositivos Microsoft Surface 2 para os seus pilotos, substituindo uma política que permitia aos pilotos usar tablets pessoais como EFBs (OMICS, 2014).

À medida que a tecnologia de computação pessoal se tornou mais compacta e poderosa, com capacidades de armazenamento extensas, estes dispositivos tornaram-se capazes de armazenar todas as cartas aeronáuticas do mundo inteiro num único computador de 1.5kg, em comparação com os 36 kg do papel normalmente exigidos para cartas mundiais em formato de papel. Novas tecnologias, como a meteorologia em tempo real e a integração do GPS⁹, ampliaram ainda mais as capacidades dos *Electronic Flight Bags*. No entanto, para grandes companhias aéreas comerciais, o principal problema com os sistemas EFB não é o hardware da aeronave, mas sim os meios para distribuir de forma confiável e eficiente atualizações de conteúdos para o avião bem como todo o processo para aprovação dos equipamentos e autorização do seu uso a bordo da aeronave.

Embora a taxa de adoção da tecnologia *Electronic Flight Bag* tenha sido lenta entre as grandes transportadoras aéreas regulares, os operadores corporativos têm vindo a implementar rapidamente os EFBs desde 1999, devido à reduzida carga regulamentar e a uma justificação de custos mais aceitável (OMICS, 2014).

⁸ General Packet Radio Service

⁹ Global Positioning System

3.4 Classes de EFB

Segundo algumas autoridades e administrações nacionais de aviação, os EFBs podem dividir-se em três classes diferenciadas pela sua portabilidade, certificação exigida, funções e software que podem ter instalados.

No entanto, reconhece-se que a ICAO¹⁰ e a EASA não se referem explicitamente a tais Classes ou Tipos e utilizam, por outro lado, os termos "portáteis" e "instalados". Também é reconhecido que as definições exatas de classes de hardware e tipos de software variam ligeiramente entre as diferentes autoridades reguladoras de aviação (Isle of Man Aircraft Registry, 2017).

Para efeitos deste trabalho iremos adotar a taxonomia de EFB definida pela FAA Advisory Circular AC 120-76D.

➤ Classe 1

EFB de Classe 1 é o mais simples dos três e simplesmente envolve documentos eletrónicos armazenados e exibidos em *e-readers* como o iPad. Estes dispositivos normalmente são armazenados durante a descolagem e aterragem e não requerem um processo administrativo para removê-los da aeronave. Estes não estão ligados aos sistemas da aeronave (Keller, 2014).

Estes sistemas não exigem aprovação de aeronavegabilidade por parte da National Aviation Authority (NAA) e podem ser usados tanto no solo como durante as fases não críticas do voo¹¹. Estão limitados a fornecer apenas informações suplementares, isto é, que não sejam fundamentais para a operação da aeronave não podendo substituir qualquer sistema ou equipamento necessário para tal fim. Um EFB de Classe 1 não é considerado como parte da configuração certificada da aeronave. Os sistemas EFB Classe 1 podem executar software tanto do tipo A como do tipo B (os tipos de software são definidos na secção seguinte) (Johnstone, 2013).

O hardware tem as seguintes características:

-É geralmente baseado em sistemas informáticos commercial off the shelf (COTS) adaptado para utilização em operações de aviação;

-É um dispositivo portátil;

¹⁰ International Civil Aviation Organization

¹¹ De acordo com a Regulation (EU) No 965/2012 on Air Operations, Annex I Definitions as fases críticas de voo são a descolagem, aproximação final, tentativa de aproximação falhada, aterragem e outras fases que sejam consideradas críticas pelo comandante da aeronave.

- É apenas ligado à aeronave através de transformador de alimentação;
- Não é montado em nenhum suporte fixo à aeronave;
- É considerado um *portable electronic device* (PED) para efeitos de regulamentação;
- Normalmente não existe troca de dados entre o dispositivo e a aeronave.

Na seguinte imagem podemos ver um exemplo de um EFB de Classe 1:



Figura 5- Exemplo de um EFB de Classe 1.

➤ Classe 2

Os EFBs de Classe 2 são um pouco diferentes. Estes dispositivos são igualmente baseados em computadores ou tablets como o iPad, mas possuem suportes de montagem e estações de acoplamento que os ligam diretamente aos sistemas da aeronave enquanto estas estão em voo ou em aeroportos (Keller, 2014).

Estes sistemas exigem aprovação de aeronavegabilidade por parte de uma autoridade aeronáutica nacional. Apesar de ser considerado um dispositivo eletrônico portátil, é necessária uma entrada no *Aircraft Technical Log* para remover um EFB de Classe 2 da aeronave.

Pode ser ligado à energia da aeronave e à porta de dados da aeronave e pode trocar dados com os sistemas da aeronave, permitindo-lhe efetuar cálculos de desempenho interativos. Ele pode ser usado para calcular informações de peso e centragem, bem como as velocidades de decolagem e aterragem e para exibir dados críticos pré-definidos de voo, como gráficos de navegação. Como não é necessariamente arrumado para a decolagem e aterragem,

os pilotos podem usá-lo para exibir cartas de partida, chegada e aproximação (Johnstone, 2013).

O hardware tem as seguintes características:

- É geralmente baseado em sistemas informáticos de tipo COTS adaptado para utilização em operações de aviação;
- Ligado à energia da aeronave através de uma fonte de energia certificada;
- Ligado a um dispositivo de montagem da aeronave, como um braço de suporte, *kneeboard* ou *docking station*, permitindo o uso durante todas as fases de voo;
- Capacidade de remoção rápida, quando necessário;
- É permitido ser ligado aos aviônicos da aeronave;
- É considerado um PED para efeitos regulatórios.

Um exemplo desta Classe de EFB é mostrado na imagem seguinte:



Figura 6- Exemplo de um EFB de Classe 2.

➤ Classe 3

Os EFBs de Classe 3 estão fixados permanentemente no cockpit como outros instrumentos aviônicos. Eles são ligados de forma segura aos sistemas de navegação da aeronave

e computadores de voo, e oferecem largas capacidades como *automatic dependent surveillance-broadcast* (ADS-B). Estes EFBs só podem ser removidos da aeronave por pessoal de manutenção certificado e cada remoção e instalação deve ser documentada nos registos de manutenção (Keller, 2014).

Esta Classe requer um STC. Dependendo do modelo, pode ser ligado ao GPS ou ao Flight Management System (FMS) para fins de navegação e também pode ser capaz de combinar a posição GPS com os locais e vetores de velocidade de outras aeronaves e informações meteorológicas gráficas num único AMM. A sua base de dados detalhada também pode fornecer avisos relacionados com o terreno e possíveis obstáculos (Johnstone, 2013).

Em baixo podemos ver um exemplo de EFB de Classe 3:



Figura 7- Exemplo de um EFB de Classe 3.

3.5 Tipos de *Software* de EFB

O *software* que é instalado e executado nos EFBs é classificado como tipo A, tipo B e tipo C.

➤ Tipo A

De acordo com Johnstone (2013), o *software* de tipo A inclui apresentações pré-compostas e fixas de dados anteriormente apresentados em papel. Este *software* requer uma aprovação operacional por parte de uma autoridade aeronáutica nacional, mas não requer uma aprovação de aeronavegabilidade.

Alguns exemplos típicos são (Johnstone, 2013):

- Um *browser* com documentos não interativos num formato pré-composto tais como Aircraft Noise Certificate e Air Operator Certificate;
- Manuais Operacionais (Operational Manual (OM) Part A - C) e informações e formulários adicionais (*Journey Logs*, Aviation Safety Reports (ASR), etc.);
- Minimum Equipment List (MEL) e Configuration Deviation List (CDL);
- Manual da Aeronave;
- Air Traffic Service (ATS) Flight Plan;
- Notices to Airmen (NOTAMs) e informações do Aeronautical Information Service (AIS);
- Informação meteorológica;
- Informação relativa a peso e centragem;
- Notificações relativas a categorias especiais de passageiros;
- Notificações relativas a cargas especiais;
- Outras informações provenientes do operador da aeronave tais como Manuais de manutenção, Guias de desvios de emergência para aeroportos, Guias de resposta de emergência em caso de incidentes, boletins de serviço, preços de combustível noutros aeroportos, etc.

➤ **Tipo B**

Segundo Johnstone (2013), o *software* do tipo B inclui aplicações dinâmicas e interativas que podem manipular dados e a sua apresentação. As aplicações de tipo B requerem aprovação operacional por parte de uma autoridade aeronáutica nacional, mas não requerem uma aprovação de aeronavegabilidade. Estas podem ser instaladas em qualquer uma das classes de hardware listadas acima.

Alguns dos exemplos são:

- Um *browser* com documentos interativos que podem ser modificados por parâmetros da aeronave detetados;
- Manuais de operação, incluindo a MEL e CDL e outros formulários;
- O Aircraft Flight Manual (AFM);
- O Operational Flight Plan;
- Aircraft Technical Log;
- Informação meteorológica com interpretação gráfica;
- Aplicações de mapas aeronáuticos eletrónicos, incluindo mapas de rotas, áreas, aproximações e aeroportos, com opções de visualização panorâmica, zoom, deslocamento e rotação, centralização e mudança de página, mas sem a informação da posição da aeronave.

- Calculadoras de desempenho da aeronave que fornecem massas limite, distâncias, velocidades de descolagem, aterragem, dados de aproximação falhada e, em alguns casos, definições de potência.
- Calculadoras de peso e centragem que são utilizadas para calcular o peso e o centro de gravidade da aeronave e para determinar a carga e a sua distribuição de forma a que os limites de peso e de equilíbrio da aeronave não sejam excedidos.
- Aplicações de aquisição de dados que comunicam com servidores terrestres, utilizando a Internet ou as comunicações instaladas na aeronave, que podem fazer parte de um serviço de balanço de dados pós-voos para efeitos de gestão de orçamento e peças sobresselentes, controlo de inventário, planeamento de manutenção não programada, etc.;
- Écrans de videovigilância da cabine e do exterior da aeronave.

➤ Tipo C

Segundo Johnstone (2013) as aplicações do tipo C só podem ser instaladas num dispositivo de Classe 3 e requerem aprovação de aeronavegabilidade.

As aplicações de software do Tipo C são aquelas para as quais a avaliação de risco funcional foi determinada como capaz de afetar a segurança aérea.

Deste tipo temos os seguintes exemplos (Johnstone, 2013):

- Aplicações que dão informações que podem ser utilizadas pela tripulação de voo para verificar ou controlar a trajetória da aeronave, quer para seguir a rota de navegação pretendida quer para evitar condições meteorológicas adversas, obstáculos ou outro tipo de tráfego, em voo ou no solo;
- Aplicações que fornecem informações que podem ser utilizadas diretamente pela tripulação de voo para avaliar o estado em tempo real dos sistemas críticos e essenciais do avião, em substituição dos aviónicos instalados e permitir a gestão destes sistemas na sequência de uma falha;
- Aplicações que são um meio primário de comunicação com os serviços de tráfego aéreo.

3.6 Vantagens e desvantagens do uso de EFB

Segundo Rodrigo (Electronic Flight Bag is a term used to describe a computer based system, 2012) existem inúmeras vantagens e desvantagens derivadas da aplicação e uso dos sistemas EFB, fazendo justificar o seu investimento.

Entre as vantagens podem-se salientar (Rodrigo, 2012):

- Redução de peso: A incorporação de sistemas EFB reduz a quantidade de papel no cockpit, o que diminui o peso;
- Permite acesso rápido e fácil às informações;
- Melhoria da prontidão de manutenção;
- Aumento da eficiência das operações;
- Transferência de dados aeronave-terra melhorada, sendo quase em tempo real, altamente flexível e segura;
- Mantém as informações atualizadas, permitindo uma fácil revisão do documento (por exemplo, através da transferência de dados sem fios);
- Redução do tempo, custo e carga de trabalho necessários para atualizar documentos;
- Redução dos custos de combustível e manutenção ao usar cálculos de descolagem e aterragem;
- Melhora a segurança e a rapidez de execução de tarefas com cálculos de desempenho a bordo;
- Permite aumentar a carga útil com cálculos de desempenho em tempo real;
- O design compacto e leve permite uma fácil instalação numa variedade de cockpits.

No que toca às desvantagens podem-se enumerar (Rodrigo, 2012):

- Utilização: sistemas EFB vêm em diferentes formas e feitios e porque não há especificações "padrão" ou pré-definidas em relação às dimensões, alguns podem ser difíceis de usar pelo piloto durante o voo. Por exemplo, um *laptop* grande usado como EFB pode ser muito volumoso para trabalhar no cockpit. Da mesma forma, um PDA minúsculo pode ter um teclado que leve a uma dificuldade na entrada de dados ou um tamanho de tela muito pequeno para ser lido a uma determinada distância;
- Complexidade: os sistemas EFB apresentam imensas funções, tornando-se assim complexos. Esta natureza complexa pode dificultar a sua utilização. Alguns podem até exigir que os seus utilizadores sejam submetidos a sessões de treino especial antes de os usar;
- Custos: Os sistemas EFB podem ter custos iniciais/de instalação elevados, especialmente o EFB de Classe 3. Alguns sistemas EFB podem exigir a compra e instalação de software adicional para fazê-los funcionar;
- Requisitos legais: A avaliação e aprovação de certificação devem ser tidas em conta na utilização dos sistemas EFB. Por exemplo, os sistemas EFB de Classe 3 são obrigados a satisfazer os mesmos requisitos de certificação de qualquer aviãoico;
- Questões técnicas: Tal como acontece com quase todos os dispositivos eletrónicos, algumas dificuldades técnicas podem ser encontradas na sua utilização, por exemplo a duração da bateria, disponibilidade de luz de fundo em caso de uso em condições de baixa iluminação, usabilidade em certas condições climáticas, etc. Embora no processo de certificação tudo isto deva ser acautelado para uma ótima integração com a

aeronave, é sempre possível que certas situações relacionadas com a utilização, mesmo assim ocorram;

- Integridade dos dados: Tipicamente, os sistemas EFB aceitam dados como entrada, processam os dados e dão o resultado como saída. Se os dados inseridos nele forem imprecisos, ele dará resultados errados.

De uma forma geral, o conceito do EFB é uma ideia excelente que oferece aos operadores ganhos em segurança e eficiência aérea e redução de custos operacionais.

3.7 Gestão operacional do EFB

Segundo o Annex II AMC 20-25 (EASA, 2014), é necessário ter em conta alguns pontos para garantir a boa gestão operacional deste sistema a qual se faz em torno da nomeação e da implementação de um gestor/administrador de sistemas EFB nos moldes que abaixo se apresentam baseados na regulamentação acima referida, a saber:

- O papel do administrador de EFB é um fator chave na gestão eficaz do sistema de EFB de um operador. Os sistemas de EFB complexos podem exigir mais do que um indivíduo para conduzir todo o processo de administração, mas apenas uma pessoa deve ser designada como Administrador de EFB, ficando responsável pelo sistema completo e com a autoridade devida dentro do sistema de gestão do operador.
- Um administrador de EFB é uma pessoa nomeada pelo operador, responsável pela administração do sistema EFB dentro da empresa. Ele é o principal elo entre o operador e o sistema EFB e os fornecedores de *software*.
- Deve ser dada formação inicial e periódica ao administrador do EFB para garantir que eles são capazes de assumir as responsabilidades exigidas pelo cargo.
- Caso exista a ausência do administrador de EFB, o operador deverá tomar as medidas necessárias para assegurar a continuidade da gestão do sistema.
- O administrador deve ter responsabilidades que passam por assegurar que:
 - A Avaliação de Risco Operacional e a Avaliação *Human-Machine Interaction* (HMI) são completadas com precisão e são atualizadas conforme necessário;
 - Todo o *hardware* está em conformidade com a especificação exigida;
 - O *hardware*, *software* e pacotes de dados estão em conformidade com a especificação exigida e são as versões corretas;
 - Todo o *software* instalado é autorizado;
 - Todo o pessoal que pode estar envolvido com o sistema está ciente de seus papéis e responsabilidades, e os perigos que estão associados ao uso de um EFB;

- O conhecimento de segurança dos sistemas EFB está atualizado e que os possíveis problemas de segurança associados à aplicação instalada foram verificados;
- Os utilizadores do EFB são devidamente apoiados na utilização das aplicações;
- É levada a cabo uma quantidade apropriada de testes aos novos *softwares* de EFB e sistemas operacionais;
- São fornecidas salvaguardas adequadas para proteger a integridade da documentação e dos dados armazenados eletronicamente de alterações não autorizadas;
- Há supervisão dos serviços subcontratados associados ao sistema EFB;
- Existe coordenação do fluxo de informação dentro dos departamentos do operador necessária para manter um sistema EFB eficaz, por exemplo, se for caso disso, a MEL deverá ser alterada quando um sistema EFB for introduzido ou modificado e o administrador do EFB deverá garantir que isto ocorra.
 - O Administrador do EFB acompanhará a Monitorização de Conformidade e/ou os Sistemas de Gestão de Segurança do operador e assegurará que as medidas apropriadas são tomadas quando exigido por esses mesmos sistemas.

3.8 Formação/Treino em sistemas de EFB

De acordo com o Annex II AMC 20-25 da EASA (2014), todo o pessoal que tenha algum papel no sistema EFB deve ser treinado inicialmente e de forma recorrente.

A formação para a utilização do EFB deve ter como objetivo operar o EFB e as aplicações instaladas no mesmo e não deve ser concebida para fornecer competências básicas em áreas como o desempenho das aeronaves, etc. No treino inicial em EFB deve, portanto, assumir-se que existem competências básicas nas funções abordadas pelas aplicações de software instaladas.

Além disto, a formação deve ser adaptada à experiência e ao conhecimento da tripulação.

Com base no anexo da EASA acima referido, o treino em sistemas de EFB pode dividir-se em duas vertentes, uma mais teórica (*Ground Training*) e outra mais prática (treino em simulador ou na aeronave).

No *Ground Training* deve ser incluído, pelo menos, o seguinte:

- Uma visão geral da arquitetura do sistema;

- Verificações pré-voo do sistema;
- Limitações do sistema;
- Formação específica sobre a utilização de cada aplicação e as condições em que o EFB pode e não pode ser utilizado;
- Restrições à utilização do sistema, incluindo situações em que todo o sistema ou parte dele não está disponível;
- Procedimentos para operações normais;
- Procedimentos para lidar com situações anormais, tais como mudanças de pista tardias ou desvios para outros aeroportos;
- Procedimentos para lidar com situações de emergência;
- Fases do voo em que o EFB pode ou não ser utilizado;
- Considerações dos fatores humanos no uso do EFB;
- Treino adicional nas novas aplicações ou nas mudanças de *hardware*.

Na parte de treino em simulador ou aeronave, deve ser incluído o seguinte:

- O treino inicial e recorrente em simulador ou aeronave deve incorporar o uso do EFB. Na medida do possível, recomenda-se que o ambiente do simulador de treino inclua os EFBs para que seja o mais próximo possível da realidade;
- Deve ser tido em conta o papel que o sistema EFB desempenha nas verificações de aptidão do operador como parte da formação e verificação recorrentes e a adequação dos dispositivos de treino utilizados durante a formação;
- À medida que sejam introduzidos novos tipos de aeronaves, os operadores de simuladores poderão não estar em condições de equipar dispositivos de treino com sistemas EFB totalmente funcionais, que reflitam o estado do *hardware* e/ou *software* das aeronaves do operador. Os operadores devem estabelecer uma ligação com os operadores de simuladores o mais rapidamente possível e determinar como fornecer formação adequada em EFB. Se não existir um simulador de voo que represente o equipamento EFB, devem ser estabelecidos métodos adequados para a formação inicial e periódica em EFB;
- Os pequenos operadores podem não dispor de competências ou recursos suficientes para apoiar adequadamente a gestão de *software* e dados do EFB. Quando tais funções precisem de ser realizadas por terceiros, o operador deve estar ciente da necessidade de monitorizar a eficiência dos serviços contratados;
- Os pequenos operadores podem introduzir aviões equipados com EFB para os quais não existe simulador de voo. Neste caso, devem ser estabelecidos métodos adequados para a formação inicial e recorrente do EFB.

3.9 Regulamentação/Certificação

Para que um EFB seja utilizado nos cockpits das aeronaves por uma tripulação tem de preencher os requisitos estipulados pelas entidades certificadoras. No continente Europeu a entidade reguladora para a aviação é a EASA.

A EASA, criada no seio da União Europeia, tem como objetivo normalizar requisitos de segurança e proteção ambiental na indústria aeronáutica para todos os países da Europa.

A EASA adotou para o EFB, numa primeira fase, o guia temporário elaborado pela então Joint Aviation Authorities¹² (JAA), o Temporary Guidance Leaflets (TGL) 36 - Approval of Electronic Flight Bags. Mais recentemente elaborou o ED Decision 2014/001/R, 09/02/2014 Annex II, AMC 20-25.

Nos EUA, a FAA elaborou a Advisory Circular (AC) 120-76C - Guidelines for the Certification, Airworthiness, and Operational Use of Electronic Flight Bags.

Ambos os documentos são semelhantes e contêm a definição e constituição dos Tipos de *Software* e Classes de *Hardware* que compõem um EFB, assim como definem os requisitos necessários para a implementação do sistema EFB tendo em consideração os fatores humanos.

Segundo o Isle of Man Aircraft Registry (2017), existem alguns requisitos gerais nos quais nos podemos basear para a regulamentação de EFBs independentemente da autoridade de aviação em causa:

-As autoridades nacionais de aviação devem estabelecer critérios para o uso operacional das funções do EFB a serem levados a cabo por forma a existir uma operação segura das aeronaves e garantir que:

- Os equipamentos do EFB e o seu hardware associado, incluindo a interação com os sistemas das aeronaves, atendem aos requisitos de certificação de aeronavegabilidade apropriados;
- O operador/proprietário avaliou os riscos associados às operações suportadas pelas funções do EFB;
- O operador/proprietário estabeleceu requisitos para a redundância das informações contidas e exibidas nas funções do EFB;
- O operador/proprietário estabeleceu e documentou procedimentos para a gestão das funções do EFB, incluindo quaisquer bases de dados que possa utilizar;
- O operador/proprietário estabeleceu e documentou os procedimentos e os requisitos de treino em EFB.

¹² Entidade extinta.

-Os operadores de aeronaves devem assegurar que os EFBs de Classe 1 não afetam o desempenho dos outros sistemas, equipamentos ou capacidade de operação do avião/helicóptero.

-Para todas as Classes de EFB, o operador deve:

- Avaliar os riscos na segurança associados a cada função do EFB;
- Estabelecer os procedimentos de utilização e os requisitos de formação para o dispositivo e para cada função do EFB;
- Assegurar que, no caso de uma falha do EFB, a tripulação de voo disponha de informações suficientes para que o voo seja conduzido de forma segura.

O Isle of Man Aircraft Registry reconhece que prevalecem diferentes *standards* regulatórios e que a consideração estrita por apenas uma das principais autoridades reguladoras pode apresentar obstáculos que não beneficiam a segurança. Por conseguinte, a utilização de orientações complementares adequadas da ICAO, da EASA ou de outras fontes de aviação pode ser usada como um auxílio para atingir esses *standards*.

3.10 Considerações relativas ao projeto de EFBs

Os EFB são uma grande promessa para aumentar a eficiência e segurança das operações de voo. No entanto, os EFBs também podem ter efeitos colaterais negativos se não forem implementados adequadamente. Por exemplo, eles podem aumentar a carga de trabalho e o tempo que as pessoas perdem a olhar para ecrãs e distrair a tripulação das tarefas de maior prioridade. Estes potenciais impactos negativos dos EFBs precisam de ser abordados durante o projeto e avaliação (Chandra, Yeh, Riley, & Mangold, 2003).

Segundo Cahill e Donald (2006), a facilidade de utilização do EFB é fundamental para a segurança do voo. Uma má utilização (fluxos de trabalho ineficientes e/ou apresentação de informações confusas) pode ser custosa em termos de tempo/atenção do piloto e carga de trabalho geral. Os pilotos estão continuamente a priorizar e a planear tarefas de voo, em diferentes alturas do próprio voo. Por exemplo, para aceder ou efetuar cálculos de aterragem, os pilotos devem monitorizar vários *displays* de informação (por exemplo, sistema de gestão de voo, visualizações de situação do momento, EFB, etc.) e recursos (por exemplo, mapas de navegação). Evidentemente, problemas em aceder/fazer cálculos de aterragem distrairão os pilotos da tarefa principal de pilotar a aeronave com segurança e podem resultar em perda de perceção da situação num ponto crítico do voo.

Para entender e avaliar o impacto total de um EFB, os projetistas e avaliadores precisam de entender como é que o dispositivo irá funcionar e ser usado pelas tripulações, como irá interagir com outros equipamentos do cockpit e como é que o treino e os procedimentos operacionais poderão ser afetados.

Assim, assegura-se a operacionalidade do EFB em todos os ambientes de operação a que poderá estar destinado, a legibilidade textual de forma a evitar más interpretações de leitura, o uso do código de cores estipulado para as mensagens de alerta, as mensagens de erro com carácter positivo e que todos os menus tenham a opção de voltar ao menu principal (Chandra, Yeh, Riley, & Mangold, 2003).

Existem, desta maneira, considerações relacionadas com os fatores humanos que devem ser tidas em conta aquando do projeto e implementação de um novo sistema de EFB. De acordo com Chandra et al. (2003), essas considerações podem ser divididas em várias categorias, nomeadamente:

-Interfaces, cores e simbologia

- A interface de utilizador do EFB deve ser consistente e intuitiva dentro dos vários aplicativos EFB (incluindo os métodos de entrada de dados, filosofias de codificação das cores (*colour-coding*), terminologia e simbologia).

-Legibilidade do texto

- As informações exibidas no EFB devem ser legíveis para o utilizador típico à(s) distância(s) de visualização pretendida(s) e sob todas as condições de iluminação esperadas no cockpit, incluindo o uso em luz solar direta;
- Os utilizadores devem ser capazes de ajustar o brilho do ecrã de um EFB independentemente do brilho de outros ecrãs no cockpit. O brilho deve ser ajustável em pequenos incrementos. Além disso, ao incorporar um ajuste automático de brilho, ele deve operar independentemente para cada EFB existente no cockpit. O ajuste de brilho através do software não deve afetar adversamente a carga de trabalho da tripulação de voo;
- Os botões e etiquetas devem ter iluminação adequada para uso noturno;
- Todos os controlos devem estar devidamente rotulados para identificar a função pretendida;
- O ecrã do EFB não deve produzir reflexos indesejáveis ou reflexos que possam afetar adversamente o campo de visão do piloto.

-Visualização das cartas de navegação, aterragem e descolagem

- As cartas aeronáuticas eletrónicas devem fornecer um nível de informação comparável às cartas em formato papel. Isso requer um tamanho e resolução de ecrã apropriado que seja comparável à legibilidade das informações em papel que pretende substituir.

-Capacidade de resposta do sistema

- O sistema deve fornecer feedback ao utilizador quando um input é inserido por este;
- Se o sistema estiver ocupado com tarefas internas que impeçam o processamento imediato do *input* do utilizador (por exemplo, cálculos, autoteste de diagnóstico ou atualização de dados), o EFB deve exibir um indicador de "sistema ocupado" (por exemplo, ícone do relógio) para informar o utilizador de que o sistema está ocupado e não pode processar as entradas imediatamente;
- O *timing* da resposta do sistema ao *input* do utilizador deve ser consistente com a função pretendida de uma aplicação. Os tempos de *feedback* e resposta do sistema devem ser previsíveis para evitar distrações e/ou incerteza da tripulação de voo.

-Texto e conteúdos “não visíveis”

- Se o segmento de documento não estiver visível na sua totalidade na área de visualização disponível, como durante as operações de "zoom" ou "*pan*¹³", a existência de conteúdo *off-screen*¹⁴ deve ser claramente indicada de forma consistente. Para algumas funções pretendidas, pode ser inaceitável se determinadas partes do documento não estiverem visíveis;
- Se houver um cursor, ele deve estar visível na tela sempre que estiver em uso. A posição padrão deve ser facilmente acessível após qualquer manipulação ativa (por exemplo, zoom, *panning* ou *decluttering*¹⁵).

-Regiões ativas

- As regiões ativas são regiões às quais se podem aplicar os *inputs* do utilizador. A região ativa pode ser texto, uma imagem gráfica, uma janela, uma moldura ou outro objeto do documento. Se o ecrã utilizar regiões ativas, estas regiões devem ser claramente indicadas.

-Gestão de múltiplos documentos e aplicações abertas simultaneamente

- Se o aplicativo de documentos eletrónicos suportar múltiplos documentos abertos ou o sistema permitir múltiplas aplicações abertas, a indicação de qual a aplicação e/ou documento que está ativo deve ser continuamente fornecida. O documento ativo é aquele que é exibido atualmente e responde às ações do utilizador;
- Em operações normais não emergentes¹⁶, o utilizador deve ser capaz de selecionar qual dos aplicativos abertos ou documentos está atualmente ativo. Além disso, o utilizador deve ser capaz de identificar quais os aplicativos que estão em execução e alternar

¹³ Gesto de “arrastar” com o dedo que o utilizador faz, quando a imagem ou outro tipo de conteúdo é maior que o ecrã, com o objetivo de se conseguirem visualizar as partes que estão escondidas.

¹⁴ Conteúdo que, devido às limitações do tamanho do ecrã, não é mostrado na totalidade ao utilizador.

¹⁵ Gesto que o utilizador faz no ecrã com o objetivo de mover itens dum lado para o outro.

¹⁶ Operações que não sejam necessárias realizar de imediato.

facilmente para qualquer um desses aplicativos. Quando o utilizador retorna a um aplicativo que estava a ser executado em segundo plano, ele deve aparecer no mesmo estado em que o utilizador o deixou, exceto as diferenças associadas ao progresso ou conclusão de um processamento executado em segundo plano.

-Mensagens

- As mensagens e avisos do EFB não devem interferir com os outros sistemas de alerta no cockpit;
- As mensagens do EFB, tanto visuais como auditivas, devem ser inibidas durante as fases críticas de voo. Texto ou símbolos a piscarem devem ser evitados em qualquer aplicativo a correr no EFB;
- As mensagens devem ser priorizadas e o esquema de priorização de mensagens avaliado e documentado. Além disso, durante as fases críticas de voo, as informações de voo necessárias devem ser continuamente apresentadas sem sobreposições que não sejam intencionais, *pop-ups*¹⁷ ou mensagens preventivas, exceto aquelas que indicam a falha ou degradação do sistema EFB;
- Mensagens de erro do sistema: se um aplicativo estiver desativado total ou parcialmente ou não estiver visível ou acessível ao utilizador, pode ser desejável que o utilizador tenha uma indicação acerca do seu *status* quando requerida. Em certas aplicações não essenciais, como conectividade de *e-mail* e relatórios administrativos, pode ser preferível uma mensagem de erro quando o utilizador realmente tenta aceder a aplicação em si, em vez de um aviso de *status* imediato sempre que ocorre uma falha.

-Filtragem de *input* e mensagens de erro

- Se os dados inseridos pelo utilizador não tiverem o formato correto ou o tipo necessário para o aplicativo em questão, o EFB não deve aceitar os dados. Deve ser fornecida uma mensagem de erro que indique qual o input que é suspeito e especifique que tipo de dados é esperado. O sistema EFB e o software da aplicação devem incorporar a verificação de erros de entrada que deteta os erros o mais cedo possível, não permitindo a conclusão de uma entrada inválida possivelmente longa.

-Posição do EFB

- Se o EFB puder ser arrumado, deve ser facilmente acessível;
- Quando o EFB está em uso e está destinado a ser visualizado ou controlado, ele deve estar dentro de 90 graus para cada lado da linha de visão de cada piloto;

¹⁷ Janela que abre no ecrã que se sobrepõe àquela que já estava aberta.

- Se um EFB estiver a ser usado para exibir informações críticas de voo, tais como navegação, avisos de terreno e obstáculos que exijam uma ação imediata, *V-speeds* de decolagem e aterragem ou para outras funções que não a percepção situacional, essas informações devem estar colocadas no campo de visão do piloto. Este requisito não se aplica se a informação não estiver a ser monitorizada diretamente a partir do EFB durante o voo;
- Além disso, deve ser dada consideração à possível confusão que poderia resultar da apresentação de direções relativas (por exemplo, posições de outras aeronaves na aplicação de tráfego aéreo) quando o EFB estiver posicionado numa orientação inconsistente com aquela informação. Por exemplo, pode ser enganoso se a frente da aeronave estiver apontada para a parte superior do visor e o visor não estiver alinhado com o eixo longitudinal da aeronave.

3.11 Tendência/dependência na automação, complacência e confiança

De acordo com Johnstone (2013), a expressão "tendência de automação" foi introduzida ao estudar o comportamento de pilotos numa simulação de um voo. Nesse estudo, foram encontrados erros de omissão¹⁸ e comissão¹⁹.

Estes resultados foram então repetidos com amostras não-piloto (estudantes participantes) em ambientes de laboratório simulando tarefas de monitorização na aviação. Descobriu-se que, quando a ferramenta automatizada era confiável, os participantes na condição automatizada fizeram respostas mais corretas. No entanto, os participantes com automação defeituosa (ou seja, com probabilidade de dar informação não confiável) eram mais propensos a cometer erros do que aqueles que realizaram a mesma tarefa sem suporte automatizado (Johnstone, 2013).

Na condição automatizada foram informados de que a ferramenta automatizada não era completamente confiável e que todos os outros instrumentos eram 100% confiáveis. Ainda assim, muitos optaram por seguir o conselho da ferramenta automatizada, mesmo quando estava errado e havia informação contraditória face a outras fontes. Os participantes foram influenciados pela automação e interpretaram os seus erros (especialmente os erros de omissão) como resultado de complacência ou falta de atenção (Johnstone, 2013).

Segundo o mesmo autor, a automação está a assumir cada vez mais o papel de apoiar tarefas humanas mentalmente intensivas em vez de substituir diretamente algumas das funções humanas. Isto, na verdade, torna o problema dos erros humanos relacionados com

¹⁸ Erro de omissão: um erro causado pela falta de uma ação que deveria ter sido feita.

¹⁹ Erro de comissão: um erro causado pela realização de uma ação de forma não correta.

computadores mais imperceptível. A responsabilidade pela ação correta cabe ao utilizador. Pode-se pensar que estes erros podem ser reduzidos com um simples treino ou, às vezes, por uma interface de utilizador que evite esses erros. Contudo, na prática, os computadores e quem os usa formam sistemas de computador-humano, ou "sistemas sociotécnicos", que precisam de ser avaliados como um todo do ponto de vista da confiabilidade e segurança.

O uso ineficiente das ferramentas computadorizadas por parte das pessoas é muitas vezes descrito em termos de "complacência", causando dependência excessiva na automação. No entanto, não há um acordo geral sobre o que a "complacência" exatamente é e quais são as melhores maneiras de medi-la. O que parece ser comum à maioria das definições é o sentimento de contentamento, o desconhecimento dos perigos ou deficiências e a falha em procurar evidências ou em examinar as informações com a devida atenção (Johnstone, 2013).

3.12 Análise de causas de acidentes e incidentes envolvendo o EFB

Segundo Johnstone (2013), desde o aparecimento do EFB no cockpit das aeronaves, houve numerosos incidentes, muitos graves ou quase fatais e um acidente fatal de um B747F em Halifax Nova Scotia (EUA) que foi atribuído à falha do piloto em atualizar um EFB.

O mesmo autor refere que dos 62 relatos ASR (FAA), entre 1995 e agosto de 2009, identificados como relevantes, 32 relatórios referem-se ao uso de aplicações de cartas de navegação e 30 referem-se à computação de desempenhos de voo (Johnstone, 2013).

Os reportes relacionados com a utilização do software de cartas foram mais frequentemente apresentados pelos operadores de Parte 91²⁰ e Parte 135²¹. Muitos desses relatórios referiam-se a eventos que se desenrolaram durante a subida, uma fase de voo intensa e curta. Os relatórios relacionados com este software mencionaram consequências tais como desvios no rumo, altitude e velocidade (Johnstone, 2013).

Todos os reportes relacionados com cálculos de desempenho de voo foram emitidos por operadores de Parte 121²². Os problemas relacionados com os cálculos do desempenho dos voos foram identificados com maior frequência em terra (pré-voo, táxi ou durante a preparação para decolagem), mas também foram ocasionalmente identificados mais tarde no voo. Os resultados típicos incluem pequenos desvios no cumprimento do manual de operações de voo da empresa (por exemplo, decolagem de uma pista não autorizada e velocidades de decolagem incorretas ou dados de peso e centragem incorretos (Johnstone, 2013).

²⁰ FAA Part 91- General Operating and Flight Rules.

²¹ FAA Part 135- Operating Requirements: Commuter and On Demand Operations and Rules Governing Persons on Board Such Aircraft.

²² FAA Part 121- Operating Requirements: Domestic, Flag, and Supplemental Operations.

Segundo o autor acima referido, dez relatórios ASRS relacionados com incursões na pista foram identificados como o EFB sendo fator contribuinte. Esses eventos não foram associados a nenhum *software* do EFB em especial; eles ocorreram quando um membro da tripulação de voo está preocupado com o EFB de uma forma geral.

Uma lista de problemas relacionados com o uso do EFB foi criada iterativamente com base nos dados obtidos nos reportes. Foram identificados três problemas fundamentais do EFB, a saber:

- Primeiro, a configuração de visualização do EFB para a legibilidade das cartas pode induzir carga de trabalho e pode fazer com que o piloto não repare em informações importantes. No entanto, os EFBs maiores não são necessariamente uma solução, já que alguns relatórios também mencionaram a dificuldade em usar os EFBs maiores em cockpits mais pequenos;
- Em segundo lugar, as anomalias associadas aos cálculos de desempenho de voo incluíram desvios na respetiva política da empresa, cálculos incorretos e incursões na pista. Os cálculos do desempenho de voo podem absorver completamente a atenção de um piloto, distraíndo-o das outras tarefas de voo comuns. Procedimentos de cockpit podem precisar de ser enfatizados para garantir que os pilotos continuem a monitorar outras tarefas enquanto fazem os cálculos de desempenho de voo;
- Em terceiro lugar, alguns pilotos que eram inexperientes no uso do EFB mencionaram que a dificuldade de utilização do EFB contribuiu para o evento. A formação inicial adicional pode ser valiosa, particularmente para os operadores da Parte 91 e Parte 135 que apresentaram a maioria destes relatórios mencionando esta questão (Johnstone, 2013).

Estes relatórios enfatizam a necessidade de uma adequada concepção da interface de utilizador do software de cálculo de desempenho de voo para EFBs, e uma avaliação adequada do treino da tripulação e procedimentos para o uso do EFB.

Capítulo 4- EFB vs erro humano na aviação - súmula

Constitui a questão central desta dissertação identificar a possibilidade do uso do EFB reduzir o erro humano na aviação ou no particular na manutenção. Por forma a responder a esta questão, ou pelo menos refletir sobre ela, será analisada, de forma sucinta, a informação que nos permite tirar algum tipo de conclusões e que está presente ao longo dos diferentes tópicos deste trabalho.

Nos anos 90, quando começou a surgir o conceito de EFB, o objetivo deste poderoso sistema passava por reduzir os custos de operação e a carga de trabalho que era, até então, imposta à tripulação. Com os avanços tecnológicos e a modernização da indústria, foi sendo dada maior importância a outro tipo de assuntos, em especial à segurança na aviação. Neste sentido, o projeto destes sistemas começou a ter em consideração os fatores humanos, na esperança de reduzir o erro humano. Mas será que isto se verifica?

Começamos por fazer uma análise mais superficial, daquilo que podemos facilmente perceber só por analisarmos os conceitos e funções que o EFB desempenha.

A introdução de uma cultura *paperless* no cockpit permitiu aos pilotos deixarem de levar as pesadas malas com documentos com mais de 30kg e passaram a concentrar todos os documentos num suporte digital, muito mais leve. Os efeitos que essa mudança teve em termos de redução de custos são evidentes, no entanto não é assim tão visível o efeito no que toca à redução do erro humano uma vez que a percentagem de incidentes e acidentes atribuídos ao erro humano não foi diminuindo proporcionalmente aos avanços tecnológicos. Ao terem menos peso para transportar, os pilotos vão ter uma menor fadiga física, stress e carga de trabalho geral levando a uma redução na possibilidade de ocorrência de erro.

O facto de todos os documentos estarem armazenados num só lugar, impossibilitando o esquecimento e desorganização dos mesmos, também contribui para a redução do erro humano. Contudo, esta circunstância pode afetar negativamente a avaliação em causa se, eventualmente, houver uma falha no sistema EFB e a tripulação ficar sem acesso a todos os documentos.

Outro aspeto que pode reduzir a falha humana é a possibilidade de atualização constante dos documentos e aplicações que fazem parte deste sistema, aspeto que o formato tradicional em papel tem maior dificuldade dada a forma como é feito. No entanto, basta

imaginarmos uma atualização com informações erradas e facilmente percebemos os efeitos adversos que isso iria causar caso a tripulação confiasse nelas.

A possibilidade de execução de cálculos de peso e centragem mais precisos com nível de automatismo pré-definidos também confere maior segurança e diminui a probabilidade de ocorrência de erros. De igual forma, o facto da meteorologia ser atualizada em tempo real permitindo melhor planeamento de rotas contribui para o mesmo fim. Por outro lado, se as informações usadas nos cálculos e sobre a meteorologia não forem fidedignas, terá o efeito contrário.

Por ser um aparelho eletrónico traz questões técnicas associadas que podem influenciar negativamente a ocorrência de erros, por exemplo a duração da bateria, disponibilidade de luz de fundo em caso de uso em condições de baixa iluminação, a maior ou menor facilidade de utilização em certas condições, e.g., climáticas, etc.

Para além destas questões técnicas, outras influências no que toca ao design do sistema podem aumentar a possibilidade de falha humana, pelo que a interface EFB-Utilizador deve ter em conta a necessidade de garantir, por exemplo, entrada correta de dados, textos ilegíveis, botões identificados de forma correta, múltiplas opções de visualização das cartas de navegação, etc.

Um dos últimos conceitos abordados neste capítulo também tem o seu peso nesta análise. Tendência para a automação, complacência e excesso de confiança são fatores que levam à utilização ineficiente dos sistemas, tal como já foi dito anteriormente, tendo consequências no aumento da ocorrência de erros humanos.

Falando especificamente na manutenção, os EFBs portáteis usados pelo pessoal de manutenção e engenheiros trazem igualmente pontos a favor e contra no que toca ao assunto sobre o qual se reflete.

Estes sistemas permitem fazer tarefas de gestão de falhas e verificação do status técnico das aeronaves de forma mais organizada e rápida, dando um ponto a favor. O facto de poderem aceder a manuais de manutenção mais precisos e claros, visualizar informação de peças ou mesmo encomendá-las, são também pontos positivos desta reflexão. A parte negativa é a que foi associada também ao uso deste sistema no cockpit, tal como as informações erradas, dispositivos que após utilização se deteta que vão ter de ser modificados porque resultou que o projeto necessita de melhorias do ponto de vista do hardware e software e os efeitos da complacência em relação aos mesmos.

Se por um lado algumas características do Electronic Flight Bag nos levam a acreditar que o erro humano na aviação é diminuído de forma visível, por outro existem alguns fatores

que não deixam que essa análise seja assim tão linear. Em suma, como todas as tecnologias que se encontram em evolução constante, necessita de uma atualização recorrente em termos de formação, regulamentação, design, entre outros, para que o balanço final em termos de segurança aérea consiga ser sempre positivo.

Capítulo 5- Conclusão

5.1 Considerações finais

Como qualquer outra indústria, a aeronáutica é posta diariamente à prova. As exigências para um serviço de qualidade com os melhores preços do mercado criam pressões que forçam a uma constante modernização. Para além das metas financeiras, qualquer companhia de aviação deverá ter como principal objetivo a segurança aérea. Esta depende sobretudo da evolução das tecnologias sempre em associação com os fatores humanos. Foi à volta destes dois tópicos que se realizou toda a pesquisa.

O aparecimento de novas tecnologias como o sistema EFB permitiu que este sector progredisse na medida em que veio a facilitar imenso o trabalho quer da tripulação, quer dos técnicos de manutenção. Apesar de toda esta evolução, a percentagem de acidentes causados por mão humana não diminuiu proporcionalmente como seria expectável. Com base neste problema, tornou-se urgente estudar, analisar e refletir sobre as causas e fatores relacionados com o sistema EFB que poderiam estar a impedir que essa redução fosse ainda mais notória.

Ao longo deste trabalho foi abordado o tema do erro humano na aviação, mais concretamente na manutenção. Procurou-se perceber se existia diminuição, ou não, desse erro humano ao se utilizar o sistema Electronic Flight Bag (EFB) nas atividades de manutenção. Foi feita uma compilação de vários conceitos e informações relativas aos dois subtemas em causa.

No capítulo 2 aborda-se o erro humano, sendo destacados assuntos como a importância dos fatores humanos, as classificações de falhas humanas, tipos de erros mais comuns e as suas causas e as práticas que procuram reduzir o erro quer em contexto individual como em contexto organizacional.

No capítulo seguinte abordou-se o EFB numa forma geral. Para além de se ter feito referência a conceitos básicos como a divisão em classes e tipos de software, foram analisados tópicos como as vantagens e desvantagens do seu uso, treino/formação e considerações do ponto de vista dos fatores humanos com intenção de melhorar a interação homem-máquina e a eficiência geral desta ferramenta.

Por fim, no capítulo 4, foi feita em tom de reflexão uma análise/súmula de todos os conhecimentos adquiridos que nos permitiu chegar a uma conclusão final sobre o tema em causa.

A metodologia que foi usada neste trabalho incidiu na pesquisa e análise das informações obtidas com o intuito de suplementar os assuntos que necessitaram de ser aprofundados até se chegar a algum tipo de conclusão.

O objetivo proposto inicialmente foi atingido uma vez que podemos enunciar, com a realização deste trabalho, as seguintes conclusões:

- O erro humano é universal e inevitável;
- O fator humano interfere sempre em qualquer tecnologia;
- A relação Homem-Meio-Máquina faz parte de qualquer organização empresarial;
- É sempre possível melhorar qualidades de serviço, procedimentos, regras e normas de manutenção, isto é, a evolução nunca fica estagnada;
- Não podemos modificar a condição humana, mas podemos mudar as condições em que o homem trabalha;
- Em fatores humanos, é mais importante fazer mudanças a nível organizacional do que a nível individual;
- O treino/formação em fatores humanos é essencial na melhoria da eficiência operacional de qualquer empresa;
- As auditorias e os sistemas de reporte são fundamentais para a gestão e controlo do erro humano;
- É importante haver políticas de inovação e empreendedorismo nas empresas;
- O Electronic Flight Bag é uma ferramenta insubstituível no cockpit de qualquer aeronave por todas as vantagens que apresenta;
- A formação neste tipo de sistemas é indispensável, com vista a otimizar a forma como é usado;
- A certificação e regulamentação desempenham um papel importante na maneira como esta ferramenta é atualizada;
- Considerações de design do ponto de vista dos fatores humanos são decisivas para a probabilidade de ocorrência de erros;
- Fatores como a complacência, excesso de confiança e tendência para a automação são muitas vezes esquecidos e influenciam negativamente a possibilidade de falha humana.

5.2 Recomendações e trabalhos futuros

Face aos problemas que foram sendo detetados ao longo do trabalho, existem algumas recomendações que devem ser tidas em conta para a prospeção futura desta indústria.

No que diz respeito aos fatores humanos, as organizações de aviação devem adotar e enraizar fortes culturas organizacionais no seu seio, onde a segurança constitui uma prioridade face aos ganhos financeiros. É fundamental a existência de recursos humanos suficientes para que não sejam criados ambientes de pressão elevada sobre os trabalhadores, tais como cargas horárias elevadas e tarefas com acrescida carga de trabalho. Para além disso, devido à exigência que este sector acarreta, é fulcral apostar em profissionais qualificados nesta área e investir numa formação contínua em fatores humanos a todos os níveis hierárquicos com a

finalidade de diminuir o registo de ocorrência de erro humano e contribuir para uma maior segurança na aviação.

Em relação ao Electronic Flight Bag, as recomendações passam igualmente pela boa formação dos utilizadores e pela existência recorrente de avaliações destes sistemas a nível de regulamentação e design. Neste sentido, as principais autoridades regulatórias devem trabalhar em conjunto e manter-se constantemente a par das evoluções tecnológicas para que o produto final seja sempre o mais atual possível. Para o design, é fundamental a participação ativa dos profissionais que usam esses equipamentos, por exemplo através do envio de feedback aos seus superiores.

Ao realizar este trabalho, verificou-se que este tema é muito complexo nas várias vertentes que envolvem o erro humano. Sem dúvida que o fator humano é um dos elementos essenciais que contribuem para esse erro em qualquer setor empresarial. Assim, neste caso, torna-se essencial como trabalho futuro verificar mais aprofundadamente as causas primordiais do fator humano que levam à ocorrência do erro na aviação. Este tipo de trabalho iria, de forma indireta, afetar positivamente a maneira como os equipamentos modernos (nomeadamente o EFB) seriam usados pelos trabalhadores.

Anexo 1- Human Factors Checklist

CHECKLIST A

To determine the relevant areas warranting further Human Factors investigation/analysis, rate the importance of each factor by indicating the appropriate weighting value beside each item.

- 0 = Not contributory
- 1 = Possibly contributory
- 2 = Probably contributory
- 3 = Evidence of hazard

- Q. Personality, moods, character _____
- R. Memory mindset (expectancy) _____
- S. Habit patterns _____
- T. Perceptions or illusions _____
- U. Bush pilot syndrome _____

BEHAVIOURAL FACTORS

- A. Faulty planning (pre-flight, in-flight) _____
- B. Haste (hurried departure, etc.) _____
- C. Pressing the weather _____
- D. boredom, inattention, distraction _____
- E. Personal problems (familial, professional, financial) _____
- F. Overconfidence, excessive motivation ("get-home"itis) _____
- G. Lack of confidence _____
- H. Apprehension/panic _____
- I. Violation of flight discipline (risk-taking) _____
- J. Error in judgement _____
- K. Delay _____
- L. Complacency, lack of motivation, etc. _____
- M. Interpersonal tension _____
- N. Inadequate stress coping _____
- O. Drug abuse _____
- P. Alcohol/hangover _____

MEDICAL FACTORS

- A. Physical attributes, conditioning and general health _____
- B. Sensory acuity (vision, hearing, smell, etc.) _____
- C. Fatigue _____
- D. Sleep deprivation _____
- E. Circadian dysrhythmia (jet lag) _____
- F. Nutritional factors (missed meals, food poisoning, etc) _____
- G. Medication(s) (self-prescribed) _____
- H. Medication(s) (doctor-prescribed) _____
- I. Drug/alcohol ingestion _____
- J. Altered consciousness _____
- K. Reaction time or temporal distortions _____
- L. Hypoxia, hyperventilation, etc. _____
- M. Disbarisms, trapped gases, etc. _____
- N. Decompression _____
- O. Motion sickness _____
- P. Disorientation, vertigo _____

- Q. Visual illusions _____
- R. Stress _____
- S. Hypothermia/hyperthermia _____
- T. Other acute illness(es) _____
- U. Pre-existing disease(s) _____

OPERATIONAL FACTORS

- A. Personnel selection _____
- B. Limited experience _____
- C. Inadequate transition training _____
- D. Lack of currency/proficiency _____
- E. Inadequate knowledge of A/C systems _____
- F. Inadequate knowledge of A/C life support systems _____
- G. Company policies and procedures _____
- H. Supervision _____
- I. Command and control relationships _____
- J. Company operating pressures _____
- K. Crew compatibility _____
- L. Crew training (e.g. cockpit resource management) _____
- M. Inadequate flight information (A/C manuals, flight planning, etc.) _____

TASK-RELATED FACTORS

- A. Tasking information (briefing, etc.) _____
- B. Task components (number, duration, etc.) _____
- C. Workload tempo _____
- D. Workload saturation _____
- E. Supervisory surveillance of operation _____
- F. Judgement and decision-making _____
- G. Situational awareness _____
- H. Distractions _____
- I. Short-term memory _____
- J. False hypotheses (vs. expectancy, habit, etc.) _____
- K. Cockpit resource management _____

EQUIPMENT DESIGN FACTORS

- A. Design/location of instruments, controls _____
- B. Lighting _____
- C. Workspace incompatibility _____
- D. Anthropometric incompatibility _____
- E. Confusion of controls, switches, etc. _____
- F. Misread instruments _____
- G. Visual restrictions due to structure _____
- H. Task oversaturation (complex steps) _____
- I. Inadvertent operation _____
- J. Cockpit standardization (lack of) _____
- K. Personal equipment interference _____
- L. In-flight life support equipment _____
- M. Effects of automation _____
- N. Seat design/configuration _____
- O. Aerodrome design and layout _____
- P. Conspicuity of other aircraft, vehicles etc. _____

ENVIRONMENTAL FACTORS

- A. Weather _____
- B. Air turbulence _____
- C. Illusions (white-out, black hole, etc.) _____
- D. Visibility restriction (glare, etc.) _____
- E. Work area lighting _____
- F. Noise _____
- G. Acceleration/deceleration forces _____
- H. Decompression _____
- I. Vibration _____
- J. Heat/cold _____
- K. Windblast _____
- L. Motion (dutch roll, snaking, etc.) _____
- M. Smoke, fumes in cockpit _____
- N. Oxygen contamination _____
- O. CO poisoning or other toxic chemicals _____

P. Radiation	_____	C. Communications (phraseology, rate of speech, pronunciation etc.)	_____
Q. Electrical shock	_____	D. Working environment (lighting, noise, visibility, etc.)	_____
R. Flicker vertigo	_____	E. Equipment/display layout and design	_____
S. Air Traffic Control	_____	F. Judgement	_____
INFORMATION TRANSFER FACTORS			
A. Adequacy of written materials (availability, understandability, currency, etc.)	_____	G. Training and currency	_____
B. Misinterpretation of oral communications	_____	H. Co-ordination and back-ups	_____
C. Language barrier	_____	I. Supervisory presence	_____
D. Noise interference	_____	J. ATC policies and operating procedures	_____
E. Disrupted oral communication	_____	Vehicle Operators	
F. Intra-crew co-ordination	_____	K. Selection and training	_____
G. Crew/ATS communication	_____	L. Working environment (noise, fatigue, visibility, etc.)	_____
H. Timeliness/accuracy of verbal communications	_____	M. Command and control, supervision	_____
I. Cockpit crew non-verbal communications	_____	Aircraft Line-Servicing Personnel	
J. Cockpit warnings, horns, chimes, etc.	_____	N. Selection and training	_____
K. Cockpit instrument displays	_____	O. Availability of relevant information	_____
L. Airport signals, marking and lighting	_____	P. Operating pressures	_____
M. Ground/hand signals	_____	Q. Supervision	_____
OTHER PERSONNEL FACTORS			
Air Traffic Control			
A. Attention (vigilance, forgetfulness, etc.)	_____	SURVIVABILITY FACTORS	
B. Fatigue vs workload	_____	A. Crashworthiness of design	_____
		B. Post-accident life support equipment (exits, chutes, life vests, ELTs, medical kits, etc.)	_____
		C. Command and control procedures	_____
		D. Crew training	_____
		E. Passenger briefings and demos	_____

Bibliografia

- Allen Jr, J., & Rankin, W. (1995). A summary of the use and impact of the Maintenance Error Decision Aid (MEDA) on the commercial aviation industry. *Proceedings of the Flight Safety Foundation International Federation of Airworthiness 48th Annual International Air Safety Seminar* (pp. 359-369). Arlington, VA: Flight Safety Foundation.
- ANAC. (2005). *Manual do Facilitador em CRM*. Brasil: Agência Nacional de Aviação Civil.
- Bergamo, V. (1997). *Confiabilidade Básica e Prática*. São Paulo: E. Blucher.
- Blanchard, B., & Fabrycky, W. (2003). *Logistics Engineering and Management* (6^a ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
- Cahill, J., & Donald, N. M. (2006). Human computer interaction methods for electronic flight bag envisionment and design. *Cognition, Technology and Work*, 8, 113-123.
- Chandra, D. C., Yeh, M., Riley, V., & Mangold, S. J. (2003). *Human Factors Considerations in the Design and Evaluation of Electronic Flight Bags (EFBs)*.
- Conde, J. M. (2007). *Maintenance Resource Management*. Trabalhos de investigação individual.
- Drury, C. (1991). Errors in aviation maintenance: taxonomy and control. *Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting* (pp. 42-46). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Drury, C. (1996). Automation in quality control and maintenance. Em C. Drury, *Automation and Human Performance: Theory and Applications* (pp. 407-426). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Duek, C. (2005). *Análise De Confiabilidade Na Manutenção De Componente Mecânico De Aviação*. Santa Maria, RS, Brasil: UFSM.
- Dumitru, I. M., & Boşcoianu, M. (2015). Human Factors Contribution to Safety Problem Resolution. *INTERNATIONAL CONFERENCE of SCIENTIFIC PAPER AFASES*.
- EASA. (2014). *Annex II, AMC 20-25*. Cologne: European Aviation Safety Agency.
- Edmonds, J. (2016). How to reduce human failure. *TCE The Chemical Engineer*, 44-48.
- Eduardo, A. (2003). *Diagnóstico de defeitos em sistemas mecânicos rotativos através da análise de correlações e redes neurais artificiais*. Campinas: Unicamp.
- Embry Riddle Aeronautical University's Hunt Library. (1998). *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection (HFAMI): Ten Years of Research and Development*. Daytona Beach, Florida: Hunt Library.
- FAA. (2000). *FAA System Safety Handbook*. Washington, DC: U.S. Dept. of Transportation, Federal Aviation Administration.
- FAA. (2002). *FAA Research 1989-2002/Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection/ Human Factors Guide for Aviation Maintenance*.
- Graeber, R., & Marx, D. (1993). Reducing human error in aircraft maintenance operations. *Proceedings of the Flight Safety Foundation International Federation of Airworthiness 46th Annual International Air Safety Seminar* (pp. 147-160). Arlington, VA: Flight Safety Foundation.
- Hackworth, C., Holcomb, K., Dennis, M., Goldman, S., Bates, C., Schroeder, D., & Johnson, W. (2007). *An International Survey of Maintenance Human Factors Programs*. Washington, DC.

- ICAO. (2002). Doc 9806 AN/763. Em ICAO, *Human Factors Guidelines for Safety Audits Manual*. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization.
- ICAO. (2003). Doc 9824. Em ICAO, *Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual*. Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization.
- Instrução de Aviação Civil. (2005). *Normas para a elaboração e análise do programa de treinamento de operações para operadores de transporte aéreo regidos pelo RBHA 135*. Brasil.
- Isle of Man Aircraft Registry. (2017). *APPLICATION FOR APPROVAL AND SAFE OPERATIONAL USE OF ELECTRONIC FLIGHT BAGS (EFB)*. Isle of Man: IMAR.
- Johnstone, N. (2013). *The Electronic Flight Bag - Friend or Foe ?* United Kingdom: Air Safety Group.
- Junior, M. (2013). *O Planejamento da Manutenção*. Brasil: Aerobyte Consultoria Aeronáutica.
- Kantowitz, B., & Sorkin, R. (1983). *Human factors: Understanding People System Relationships*. New York.
- Keller, J. (2014). Electronic flight bags becoming standard in civil aircraft cockpits; military adopts more slowly. *Military & Aerospace Electronics*, 32-37.
- Latia, D. (1993). *Nondestructive Testing for Aircraft (Order no. EA-415)*. Casper, WY: IAP.
- Latorella, K. A., & Prabhu, P. V. (2000). A review of human error in aviation maintenance and inspection. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 133-161.
- Latorella, K., & Drury, C. (1992). A framework for human reliability in aircraft inspection. *Proceedings of the Seventh FAA Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. Washington, DC: Federal Aviation Administration.
- Liberman, F. (2004). Repensando a instrução do CRM. Em F. Liberman, *Voando com o CRM: da filosofia operacional técnica à filosofia interativa humana* (pp. 138-155). Recife: Comunigraf Editora.
- Lorenzo, D. (1990). *A Manager's Guide to Reducing Human Errors: Improving Human Performance in the Chemical Industry*. Chemical Manufacturers Association, Washington, DC.
- Martins, D. D., Guimarães, L. A., Filho, R. L., & Siqueira, L. D. (2004). *O conceito de Fatores Humanos na aviação*. Campinas, Brasil: Unicamp.
- Masson, A. (1999). *St. Augustine, FL Patente Nº 7974775*.
- Matias, D. (2013). Caderneta Técnica do Avião. *Revista Científica Academia da Força Aérea nº3*, 100-111.
- OMICS. (2014). *Electronic Flight Bag*. Obtido em 28 de Março de 2017, de OMICS International: http://research.omicsgroup.org/index.php/Electronic_flight_bag
- Paoli, E. (2007). *Investigação de acidentes aeronáuticos: contribuições para segurança de voo*. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- Rasmussen, J. (1990). The role of error in organizing behavior. *Ergonomics* 33, 1185-1199.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. New York: Cambridge University Press.
- Reason, J. (2000). Human error: models and management. *British Medical Journal*, 320, 768-770.

- Reason, J., & Maddox, M. (1995). Human Error. Em J. Reason, & M. Maddox, *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* (p. Capítulo 14). Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Reynolds, J., & Drury, C. (1993). An evaluation of the visual environment in aircraft inspection. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting* (pp. 34-38). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Rodrigo. (2012). *Electronic Flight Bag is a term used to describe a computer based system*. Obtido em 15 de Janeiro de 2017, de <https://writepass.com/journal/2012/11/electronic-flight-bags-is-a-term-used-to-describe-a-computer-based-system/>
- Rogan, E. (1995). Human factors in maintenance and engineering. Em E. Rogan, *Human Factors in Aviation Maintenance Phase V Progress Report* (pp. 255-260). Washington, DC: Federal Aviation Administration.
- Rouse, W. (1985). Optimal allocation of system development resources and/or tolerate human error. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 15, 620-630.
- Shepherd, W., Johnson, W., Drury, C., Taylor, J., & Berninger, D. (1991). *Human Factors in Aviation Maintenance, Phase 1: Progress Report: DOT/FAA/AM-91/16*. Springfield, VA: National Technical Information Service.
- Slavutzki, L. C. (2010). *Metodologia para avaliação e classificação de causas de acidentes do trabalho*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil: UFRGS.
- Swain, A., & Guttman, H. (1983). *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Poser Plan Applications: Final Report (NUREG/CR-1278)*. United States Nuclear Regulatory Commission. Washington, DC: United States Nuclear Regulatory Commission.
- Taylor, J. (1990). Organizational context for aircraft maintenance and inspection. *Proceedings of the Human Factors 34th Annual Meeting* (pp. 1176-1180). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- UK CAA. (2002). *CAP 715/An intrduction to Aircraft Maintenance Engineering Human Factors for JAR 66*. Londres: United Kingdom Civil Aviation Authority.
- UK CAA. (2002). *CAP 718/Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection*. Londres: United Kingdom Civil Aviation Authority.
- UK CAA. (2003). *CAP 716/Aviation Maintenance Human Factors (EASA/JAR 145 Approved Organizations)*. Londres: United Kingdom Civil Aviation Authority.
- União Europeia. (2003). *Regulamento n°2042/2003 da Comissão*. Bruxelas, Bélgica: União Europeia.
- Vanzin, T., & Ulbricht, V. (2004). *A abordagem dos erros humanos nos ambientes de hipermídia pedagógica*. Florianópolis: CNAHA.
- Wenner, C., & Drury, C. (1996). A Unified Incident Reporting System for Maintenance Facilities. Em C. Wenner, & C. Drury, *Human Factors in Aviation Maintenance* (p. Phase VI Progress Report). Washington, DC: Federal Aviation Administration.