



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI BAHIA - CAMPUS CIMATEC
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MBA EM GESTÃO DA
MANUTENÇÃO**

LUIZ HENRIQUE NOBREGA CARVALHO

FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Salvador

2018

LUIZ HENRIQUE NOBREGA CARVALHO

FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de pós-graduação do MBA em Gestão da Manutenção do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito final para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof^a. M.Sc. Marinilda Lima

Salvador

2018

FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Luiz Henrique Nobrega Carvalho¹

Marinilda Lima ²

RESUMO

Este trabalho versa sobre a influência humana na manutenção e tem como objetivo abordar a problemática dos Fatores Humanos em Manutenção de Aeronaves buscando com tal estudo, entender e compreender o processo operacional na manutenção, essa compreensão visa minorar os erros com seus efeitos, garantindo com isso uma maior segurança de voo. Pretende-se perceber como o erro humano em manutenção de aeronaves influencia em possíveis acidentes e incidentes, e qual a contribuição da utilização de técnicas de análise de confiabilidade humana para gerenciamento de erro humano para mitigar suas consequências. Foi utilizada uma abordagem descritiva e qualitativa por meio de uma revisão bibliográfica. Faz-se também uma abordagem ao treinamento sobre fatores humanos, gerenciamento dos erros, gerenciamento de fadiga e políticas da organização. Ao final do trabalho é relatado um estudo de caso, de uma falha de procedimento na manutenção, o que ocasionou a queda de uma aeronave modelo EMB 120, vitimando as 14 pessoas a bordo.

Palavras-chave: Fatores Humanos, Desempenho Humano, CRM, MRM e Manutenção de Aeronaves

¹ Pós Graduando em Gestão da Manutenção. Formado em 2017. E-mail: luiz.nobrega@hotmail.com.

² Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Pós graduada MBA Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI Cimatec. E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br.

1 INTRODUÇÃO

Ao destacar a importância da Gestão da Manutenção, Pinto e Xavier (2007) enfatizam que as organizações buscam incessantemente novas ferramentas de gerenciamento, que as direcionem para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços. Assim, a gestão da manutenção é responsável pela coordenação dos diversos subsistemas: a engenharia, a inspeção e execução das atividades de manutenção, o suprimento de materiais, a qualidade dos produtos e serviços dentre outros. Todo este conjunto de subsistemas visa atender as necessidades da organização de modo a atingir suas metas empresariais. Para Pinto e Xavier (2007) deve ser destacado que implementar as melhores práticas de gestão às atividades de manutenção representa um grande desafio aos gestores que atuam neste segmento.

Em relação a manutenção aeronáutica deve-se ressaltar que é uma área específica onde se requer qualificação técnica diferenciada com cursos específicos para atuação na área. A indústria aeronáutica envolve uma complexa organização de manutenção, cuja finalidade é deixar as aeronaves operacionais, ou seja, garantir a aeronavegabilidade.

Uma preocupação constante na área de manutenção aeronáutica está relacionada com os possíveis erros humanos que podem ocorrer a qualquer momento durante o desenvolvimento das atividades pelas equipes de manutenção. O resultado desses erros a curtos, médios e longos prazos, podem ter efeitos catastróficos para uma organização.

Assim, o principal objetivo da manutenção de aeronaves é manter o estado de confiabilidade e segurança estabelecidos no projeto inicial do fabricante, por meio de intervenções preventivas e corretivas, executando manutenções periódicas, correções de falhas reportadas e modificações do projeto (ex. diretrizes, boletins de serviço), deixando assim a aeronave operacional seguindo os critérios estabelecidos para manutenção de aeronaves no RBHA 43. (Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica) Em outras palavras, é por meio da manutenção que a aeronavegabilidade, é restaurada, quando ocorre uma pane, retornando a aeronave para a condição segura para a qual foi certificada.

Quando esta atividade não é bem gerida ou executada, cria-se um ambiente propício para desenvolver condições latentes, que podem enfraquecer as defesas

inerentes da segurança do sistema e desencadear falhas ativas, conduzindo a ocorrência de acidentes e/ou incidentes aeronáuticos (ICAO, 2005).

1.1 JUSTIFICATIVA

A importância deste trabalho é tentar compreender a interferência humana na manutenção de aeronaves, por meio de um estudo de caso, trazendo uma abordagem qualitativa sobre uma problemática em acidentes aeronáuticos envolvendo fatores humanos, que englobam desde o operacional e principalmente a área de manutenção de aeronaves tentando por meio do entendimento sobre pontos-chaves em sua origem de modo a evitar ou mitigar o erro humano na manutenção de aeronaves.

1.2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo analisar o papel do gerenciamento do fator humano na manutenção de aeronaves como redutor dos fatores de risco, e, sobretudo, na redução de incidentes e/ou acidentes. Para além, o estudo mostra a utilização da técnica de MRM (Maintenance Resource Management) na prevenção de erros e no gerenciamento de fatores humanos na manutenção de aeronaves.

2 A MANUTENÇÃO DE AERONAVES

A manutenção aeronáutica tem por objetivo conservar e preservar a aeronave em condições aeronavegáveis. O trabalho de manutenção e inspeção de aeronaves é um processo complexo que requer diversas tarefas, conhecimentos técnicos e procedimentos específicos. Para Beard e Ahumada (2003) o trabalho da equipe de manutenção é uma peça fundamental no sistema da aviação, pois sua principal responsabilidade é identificar e reparar defeitos em diversos sistemas da aeronave. Dessa forma, pode-se afirmar que, na sua essência, o trabalho de manutenção de aeronaves busca garantir as condições de funcionamento e de segurança necessárias para a preservação da integridade das pessoas e das aeronaves, estando diretamente associado à garantia da aeronavegabilidade, e aos conceitos da segurança de voo.

Na manutenção de aeronaves, os profissionais desse ramo podem atuar no setor de fabricação de aeronaves e de seus componentes, na manutenção de linha de operadores aéreos, em hangares especializados das companhias aéreas, em oficinas dedicadas a recuperação de componentes.

2.1 AS ESPECIALIDADES DA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

No Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 65 em sua subparte D são apresentados as exigências para que se obtenham as licenças de grupo motopropulsor, célula e avionica para os mecânicos de aeronaves no Brasil.

É o RBHA 65 - Requisitos Brasileiros de Homologação Aeronáutica, que regulamenta e estabelece os requisitos para emissão das licenças e certificados de habilitação técnica. Para se tornar um Mecânico de Manutenção Aeronáutica é preciso concluir um curso homologado pela Agência de Aviação Civil - ANAC, dentro de uma das habilitações (GMP, CEL ou AVI), em uma entidade (escola) autorizada também pela ANAC. Após a realização do curso o aluno irá fazer uma prova com a ANAC e após a aprovação receberá a CCT (Certificado de Conhecimentos Teóricos).

Após a obtenção do Certificado de Conhecimentos Teóricos (CCT) é que o profissional está legalmente autorizado a exercer funções ou atividades neste segmento. Ou seja, o CCT é a habilitação provisória para o exercício da função de mecânico de aeronaves. Após a comprovação de experiência profissional de no mínimo três anos de trabalho em empresa aérea, o profissional pode obter o Certificado de Habilitação Técnica – CHT que é o documento expedido após o profissional realizar o exame de conhecimento prático, aplicado pela ANAC.

As especialidades da manutenção de aeronaves são divididas em três grupos: a) Grupo Motopropulsor (GMP), b) Grupo Célula (CEL) e c) Grupo Aviônico (AVI).

a) Grupo Motopropulsor (GMP) – esta habilitação permite que o MMA trabalhe com todos os tipos de motores de aviação (convencionais ou a reação), sistemas de hélices e rotores e todos os conjuntos pertencentes a moto propulsão das aeronaves.

b) **Célula (CEL)** – esta habilitação permite que o MMA trabalhe com todos os sistemas presentes nas aeronaves, como os de: pressurização, ar condicionado, pneumático, interiores de aeronaves, hidráulicos, estrutura e fuselagem de aviões e helicópteros.

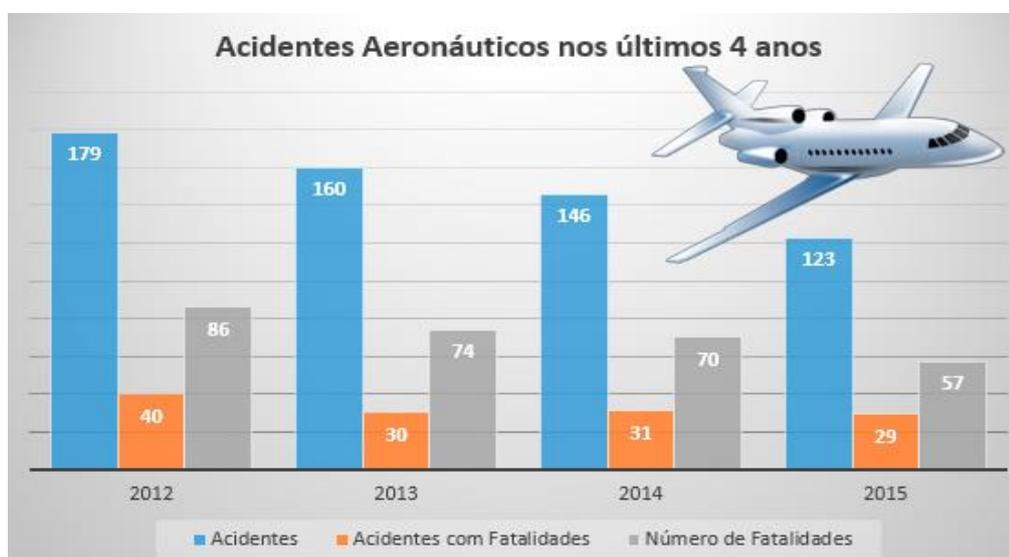
c) **Aviônicos (AVI)** – esta habilitação permite que o mecânico de manutenção aeronáutica (MMA), trabalhe em todos os componentes elétricos e eletrônicos de aeronave, incluindo instrumentos de navegação e de posicionamento global, rádio navegação e rádio- comunicação e de radar.

3 A SEGURANÇA OPERACIONAL NA AVIAÇÃO

Segundo International Civil Aviation Organization (ICAO, 2005) após o período da segunda guerra mundial, a aviação cresceu rapidamente e se afirmou mundialmente como o principal meio de transporte de passageiros em longa distância.

O setor da aviação civil está crescendo na quantidade e na frequência com que as aeronaves vêm sendo operadas. De acordo com PANROTAS (2016), exemplificado pela Figura 01 nos últimos anos, a aviação civil regular totalizou 608 acidentes, com 130 registros de acidente com fatalidade. A Figura 1 a seguir ilustra os acidentes da aviação no Brasil, esses dados contabilizam a operação regular de transporte de passageiro, carga, transporte privado e taxi aéreo.

Figura 1: Acidentes Aeronáuticos



Fonte: PANROTAS (2016).

É possível observar uma redução significativa em números de acidentes entre os anos de 2012 e 2015 (figura 1), a redução observada ao longo dos anos pode ser em consequência a implementação do MRM dentro da organização de manutenção, trazendo uma padronização e aumento da confiabilidade, com a melhoria do desempenho humano no gerenciamento de erro e mitigação de falhas.

4 FATORES HUMANOS NA MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Por definição compreende-se que a expressão Confiabilidade Humana é a probabilidade de que um sistema que requer ações, tarefas ou trabalhos humanos seja completado com sucesso dentro de um período requerido, assim como a probabilidade que nenhuma ação humana estranha seja desempenhada em detrimento a confiabilidade e disponibilidade do sistema. (MAIDA APUD HOLLNAGEL, 1996).

De acordo com Reason (2006) quando se fala de risco na aviação, implicitamente vem a ideia os conceitos de fatores humanos e de erro humano. A maioria dos problemas em desempenho humano dominam os riscos industriais onde há a grande probabilidade de falha catastrófica como é o caso da aviação.

De acordo com o documento Annual Report da International Air Transport Association (IATA, 2009) cerca de 15% dos acidentes aéreos ocorridos no ano de 2008 tiveram como causa raiz, a falha das equipes de manutenção. Para Khalil (2007) os erros mais comuns cometidos em manutenção de aeronaves são: Instalação incorreta de componentes, montagem de partes erradas, instalação errada de cablagens elétricas (incluindo ligações cruzadas); objetos deixados nas aeronaves; cobertura ou painéis de acesso soltos; tampas de óleo ou painéis de reabastecimento de combustível soltos; pinos de bloqueio do trem de aterragem não removidos antes da partida da aeronave, dentro outros.

4.1 O ERRO HUMANO

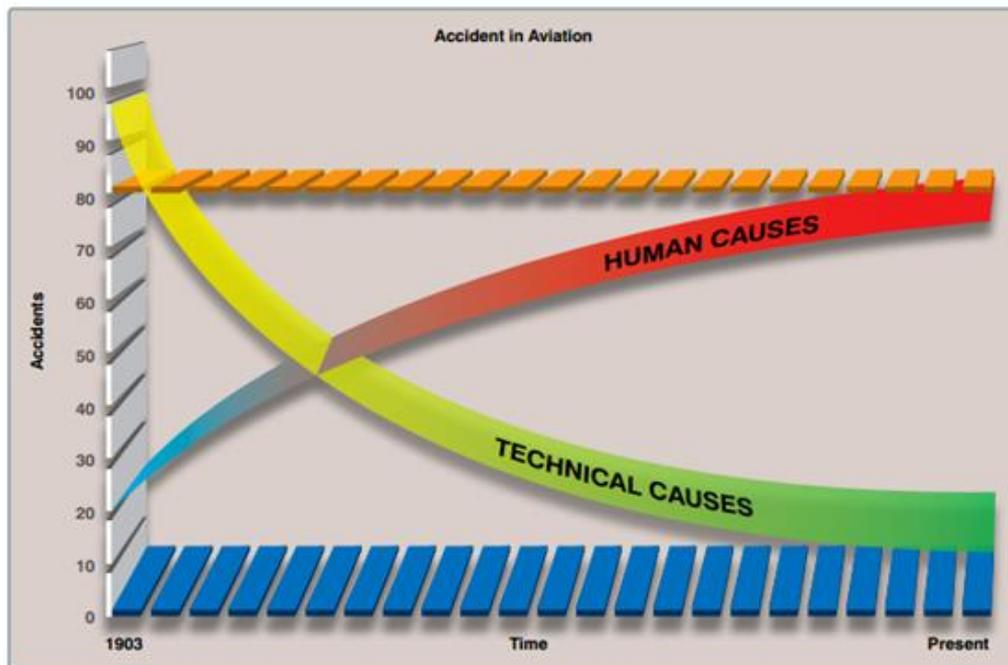
Segundo a Instrução de Aviação Civil - IAC (2005) o erro é um desvio involuntário por parte do indivíduo, tripulação ou qualquer segmento da organização, de uma ação pretendida. Por ser limitado, o desempenho humano não pode evitar alguns erros assim, os erros devem ser esperados, por isso existem ferramentas

para evitá-los, contê-los e minimizá-los nas suas consequências, tais como: treinamento e gerenciamento de informações.

4.2 A INFLUÊNCIA DOS FATORES HUMANOS NA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO

Segundo o Federal Aviation Administration (FAA, 2011) as investigações de acidentes nas últimas décadas apontaram características importantes sobre os fatores contribuintes. Pode ser notado que, no começo do século passado, a principal fonte de acidentes estava ligada à parte estrutural e eletromecânica das aeronaves. Essa situação praticamente se inverteu ao longo das décadas seguintes, demonstrando o avanço da segurança e confiabilidade do fator “máquina” em contraste com o aumento da parcela humana como fonte de acidentes aéreos. A Figura 2 a seguir ilustra estes dados

Figura 2: Principais Causas dos Acidentes Aéreos



Fonte: FAA- Addendum /Human Factors (2011).

Desse modo, percebe-se que a redução de acidentes gerada pela evolução tecnológica dos equipamentos e sistemas não foi acompanhada pelo desenvolvimento de mecanismos de prevenção ao erro decorrente dos fatores humanos. Nesse caso, as falhas dos sistemas tecnológicos não podem ser

atribuídas apenas aos aspectos técnicos, pois as mesmas também abrangem fatores comportamentais derivados dos indivíduos e das organizações que operam e mantêm esses sistemas.

5 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA (ACH)

Segundo Barreto (2008) a importância dirigida aos Fatores Humanos na Segurança de Voo conduziu pesquisadores a estudarem modelos fundamentados nos princípios de segurança, a fim de auxiliar na investigação, analisar o contexto e identificar os aspectos contribuintes para a ocorrência do acidente.

Há várias técnicas e modelos de ACH desenvolvidos para melhorar o desempenho humano que levam em consideração vários fatores e as consequências das ações. De acordo Drogue, Souza e Firmino (2010) vários modelos de ACH foram desenvolvidos ao longo dos anos, com o objetivo de melhor descrever o desempenho humano, levando-se em consideração fatores internos e externos relacionados e, também, as consequências de suas ações. As Tabelas 1 e 2 a seguir ilustram as Técnicas de 1ª, 2ª e 3ª geração.

Tabela 1 : Modelos de ACH de 1ª Geração

Geração	Métodos	Ano de Proposta
1ª	Accident Investigation and Analysis (AIPA)	1975
	A Technique for Human Error Analysis (THERP)	1975
	Confusion Matrix (CM)	1981
	Operator Action Tree (OAT)	1982
	Socio-Technical Assessment of Human Reliability (STAHR)	1983
	Expert Estimation (EE)	1984
	Success Likelihood Index Method/Mult-Attribute Utility Decomposition (SLIM/MAUD)	1984
	Maintenance Personnel Performance Simulation (MAPPS)	1984

Fonte: Drogue, Souza e Firmino (2010)

Tabela 2 : Modelos de ACH de 2ª e 3ª Geração

2ª	Cognitive Environment Simulation (CES)	1988
	Intention Event Tree System (INTENT)	1990
	Cognitive Event Tree System (COGENT)	1992
	EPRI Project on Methods for Addressing Human in Safety Analysis	1995
	Human Interaction Timeline (HITLINE)	1994
	A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA)	1996
	Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)	1998
	IDAC	1999
3ª	Redes Bayesianas	2005

Fonte: Droguett, Souza e Firmino (2010)

Uma vez destacadas as principais técnicas de análise de confiabilidade humana, o tópico a seguir descreve o Maintenance Resource Management, Programa de Gerenciamento de Recursos que é utilizado para melhorar a comunicação, eficácia e segurança nas operações de manutenção de aeronaves.

5.1 O MODELO MAINTENANCE RESOURCE MANAGEMENT (MRM)

De acordo com Robertson (2004) o gerenciamento de recursos de manutenção (MRM) é um processo geral para melhorar a comunicação, a eficácia e a segurança nas operações de manutenção das companhias aéreas. A eficácia é medida através da redução de erros de manutenção e melhor coordenação e desempenho individual e dos times. Robertson (2004), ressalta que treinamento em Maintenance Resource Management (MRM) consiste na gestão dos recursos (Técnicos e Humanos) de manutenção. É um processo geral que visa melhorar a comunicação, a eficácia, e a segurança (safety) em operações de manutenção. Ao mesmo tempo, MRM modifica a cultura de segurança de uma organização através do estabelecimento de uma generalizada e positiva atitude em face de segurança (safety), alterando o comportamento e aperfeiçoando o desempenho da equipe de manutenção.

Para Robertson (2004) o MRM aumenta a coordenação e a troca de informações entre membros do mesmo setor de manutenção, bem como, entre diferentes setores de manutenção da mesma organização. Já Hawkins (2006)

ressalta que os treinamentos de MRM tem a proposta de desenvolver comportamentos nos participantes, que garantam uma interação entre a segurança, a aeronavegabilidade e o profissionalismo.

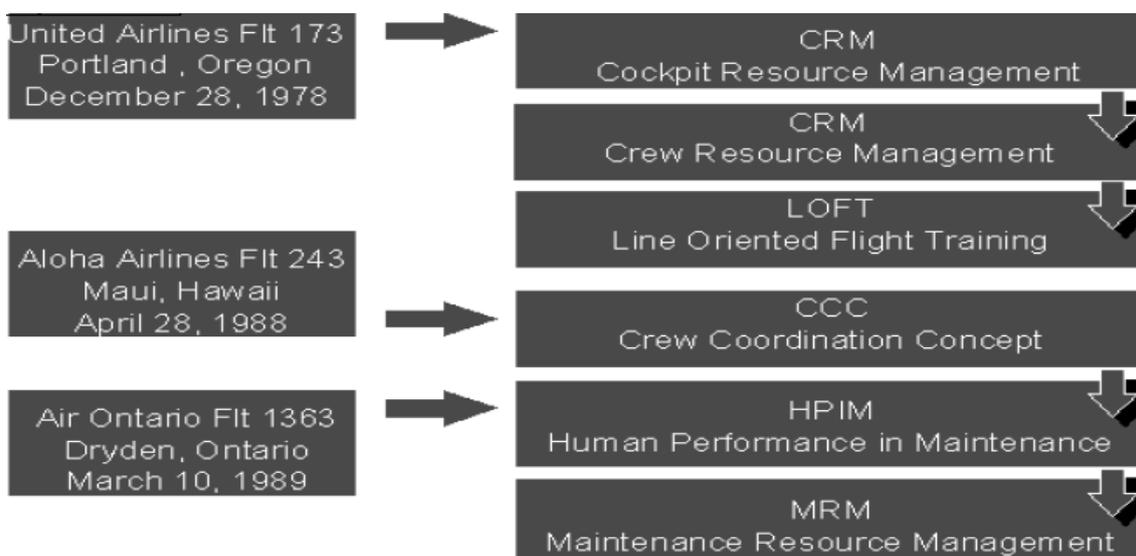
Segundo Robertson (2004) o programa de MRM abrange os seguintes aspectos:

- Compreensão da operação de manutenção como um sistema;
- Identificação e compreensão de assuntos básicos sobre fatores humanos;
- Reconhecimento de causas contribuintes para o erro humano;
- Consciencialização situacional;
- Tomada de decisão e liderança;
- Assertividade;
- Gestão de stress e fadiga;
- Coordenação e planeamento;
- Trabalho em equipe e resolução de conflitos;
- Comunicação (escrita e verbal) e cumprimento de normas.

5.2 A EVOLUÇÃO DO MRM

A filosofia e o formato dos programas de MRM são resultados da evolução de uma série de programas. A Figura 3 ilustra os programas que evoluíram e permitiram chegar ao Maintenance Resource Management, as datas e os acontecimentos que serviram de causas imediatas para impulsioná-los (Robertson, 2004).

Figure 3: A Evolução do MRM e Treinamento em Fatores



Fonte: Adaptado de Robertson (2004)

Na década de 1970 ocorreu um acidente com uma aeronave modelo DC-8 da empresa United Airlines em Portland, nos Estados Unidos. A aeronave indicava um problema no trem de pouso e os pilotos decidiram permanecer sobrevoando o aeroporto até resolver o problema. Os pilotos desviaram a sua atenção para monitorar parâmetros de voo. A aeronave ficou sem combustível e acabou caindo, vitimando 10 pessoas. O acidente levou a United Airlines criar o CRM – Cockpit Resource Management, um programa de treinamento para melhorar a comunicação entre os pilotos e outros membros dentro do cockpit. De acordo Taylor (1997) posteriormente, o CRM passaria a significar Crew Resource Management e destinar-se-ia a todos os tripulantes de voo, de modo a gerir melhor o comando, a liderança e a gestão dos recursos dentro e fora do cockpit.

Após o CRM as companhias aéreas deram origem ao LOFT – Line Oriented Flight Training. Este tipo de treinamento incorpora os simuladores de voo para criar cenários realistas de situações de *stress* no cockpit.

Para Robertson (2004) o *feedback* dado por esses treinamentos permitiram melhorar o desenvolvimento e a coordenação da comunicação entre a tripulação, possibilitando assim, melhores relacionamentos no trabalho.

Infelizmente, tal como o CRM, o Maintenance Resource Management (MRM) surgiu como reação a outro acidente, o do Boeing 737 da companhia havaiana, Aloha Airlines, em 1988. Este acidente ocorreu devido à propagação de fendas na

fuselagem da aeronave, o que provocou uma abertura de 5,5 metros de comprimento em altitude de cruzeiro. A aeronave ainda conseguiu executar um pouso de emergência, registrando apenas uma vítima fatal.

Previamente ao acidente tinha sido feita uma inspeção a 1300 rebites da aeronave e não foi detectada a existência de fendas. O inspetor e o inspetor chefe tinham 22 e 33 anos de experiência respectivamente. A inspeção após o acidente veio a revelar que havia no mínimo 240 fendas na altura da primeira inspeção. Perante este erro dos Engenheiros, os Especialistas em Segurança Aérea ampliaram o estudo dos fatores humanos aplicado aos pilotos (CRM) para os técnicos de manutenção (MRM).

Antes da definitiva implementação do MRM, a companhia aérea Continental Airlines criou o CCC – Crew Coordination Concept, uma versão atualizada do programa CRM, mas destinada ao pessoal de operações técnicas de manutenção. O programa CCC viria a ser o antecessor do que hoje se denomina de MRM.

Em consequência do acidente de uma aeronave da Air Ontario em 1989, a Transport Canada desenvolveu o programa HPIM - Human Performance In Maintenance. De acordo com Robertson (2004) o HPIM e CCC trabalham em paralelo, tentando reduzir acidentes devido à falta de coordenação e do trabalho em equipe de manutenção.

Robertson (2004) destaca que os programas de MRM partilham os mesmos aspectos básicos com o CRM, nomeadamente a comunicação e o trabalho coordenado em equipe. No entanto, o MRM destina-se aos Técnicos de Manutenção de Aeronaves (TMA's), ao Pessoal de planeamento e logística, Inspetores, Engenheiros, Gerentes, e todo o pessoal que pertence a organizações de manutenção.

5.3 O MRM E SUAS APLICAÇÕES

Existem quatro aspectos que são definidos como de grande importância para a elaboração, implementação e fortalecimento de ações responsáveis por aumentar a segurança no ambiente da manutenção aeronáutica. Estes quatro aspectos são: a) suporte da alta administração aos fatores humanos; b) gerenciamento de erros humanos; c) treinamento em fatores humanos e; d) gerenciamento de fadiga.

5.3.1 Suporte da Alta Administração aos Fatores Humanos

Uma organização com uma boa cultura de segurança é aquela que tem conseguido com êxito institucionalizar a segurança como um valor fundamental da organização, um dos elementos-chave é o apoio efetivo dos níveis da alta direção da organização para a segurança. A equipe da alta gerência e direção deve apoiar as ações de segurança principalmente sempre que houver um conflito de interesses entre questões comerciais e as recomendações decorrentes do programa de fatores humanos. (CAA, 2009).

É importante considerar que o compromisso com a segurança é de longo prazo e que as iniciativas em relação à mesma podem ser os primeiros itens a serem cortados em termos de apoio financeiro quando a organização está à procura de redução de custos. O suporte da alta administração da empresa tem papel fundamental na manutenção do equilíbrio das necessidades de segurança em relação às diversas demandas financeiras e comerciais presentes no ambiente corporativo.

5.3.2 Gerenciamento de Erros Humanos

Independente das particularidades do sistema de gerenciamento de erros é importante que o mesmo seja constituído da forma mais rápida possível para que as melhorias nos processos possam ter início.

Ao contrário de pilotos e controladores de voo, os quais trabalham diretamente com equipamentos e mecanismos de controle e monitoramento de dados durante o exercício de seus trabalhos, os procedimentos executados por um mecânico aeronáutico dentro de um centro de manutenção é dificilmente controlado e monitorado. Nesse caso, qualquer desvio cometido pode ficar encoberto por longos períodos, dificultando o levantamento dos fatores que desencadearam a sua ocorrência, a menos que o responsável resolva divulgar o fato (ATSB, 2008).

A criação de registros de desvios é um dos meios para o centro de manutenção aeronáutica identificar seus problemas organizacionais. Porém, em muitas empresas, o relato e registro de desvios tende a ser desencorajador para os funcionários, pois o tratamento dado aos erros levantados frequentemente é feito de maneira punitiva, inibindo a participação voluntária dos envolvidos. Em muitas

companhias, mesmo ocorrências mais simples são punidas com a suspensão por vários dias ou até mesmo com a demissão imediata do funcionário. Dados obtidos através de pesquisa realizada na Austrália, com mecânicos de manutenção, demonstrou que mais de 60% dos entrevistados tinham corrigido erros cometidos por outros colegas, sem que os mesmos fossem reportados. Esse comportamento foi justificado para que os responsáveis pelos desvios não sofressem algum tipo de punição (ATSB, 2008).

As filosofias atuais de controle de erro assumem que os indivíduos envolvidos não têm a intenção de provocar desvios. Os erros acontecem em situações onde os funcionários tentam trabalhar de maneira correta, porém fatores contribuintes no ambiente de trabalho aumentam a probabilidade da ocorrência de desvios (BOEING, 2001).

Os fatores contribuintes são descritos como condições que aumentam a probabilidade de ocorrência de erros, sendo caracterizados como aspectos que afetam negativamente a execução de tarefas por mecânicos e inspetores aeronáuticos. Os mesmos são divididos em dois tipos: diretos, onde os seus impactos na segurança das atividades podem ser percebidos instantaneamente e os indiretos, os quais são mais difíceis de serem detectados e podem permanecer ocultos por grande período de tempo. Alguns exemplos dos fatores diretos são (BOEING, 2001): falta de iluminação adequada durante a execução de atividades, falta de ferramentas adequadas, condições físicas do ambiente como calor, frio e barulho e presença de substâncias perigosas.

Os fatores indiretos são mais difíceis de serem detectados, mas também tem grande influência no desempenho dos funcionários. Alguns exemplos desses fatores são: relacionamento dentro do ambiente de trabalho (brigas internas, falta de comunicação, etc.), problemas particulares (doenças na família, problemas financeiros, etc.) e políticas da empresa (cumprimento de prazos, de custos e de qualidade).

5.3.3 Treinamento em Fatores Humanos

O treinamento em fatores humanos é parte de um sistema geral de gestão do erro humano em uma organização de manutenção. Sem o treinamento adequado, outras iniciativas relacionadas ao gerenciamento de erros e a melhoria da segurança

(tais como relatórios de erros e procedimentos de investigação), provavelmente não serão eficazes (CAA, 2002).

De acordo com ICAO (2003) apesar das possíveis abordagens para a segurança nas atividades da aviação, o estabelecimento do treinamento de fatores humanos nas organizações de manutenção aeronáutica segue práticas comuns da atividade de ensino e aprendizagem. Nesse caso, muitas vezes, é útil dividir a tarefa de aprendizagem em subcategorias adequadas, tais como "memorizar", "compreender", "fazer" e "agir", além da identificação da competência pós-treinamento feito pela averiguação do domínio do conteúdo do curso. Estas quatro subcategorias de competência podem ser caracterizadas como:

- **Memorização:** abrange o conhecimento dos fatos e pode incluir a memorização de adequados procedimentos e processos.
- **Compreensão:** abrange a compreensão dos princípios teóricos, sendo necessária para o desenvolvimento da competência.
- **Fazer:** abrange as habilidades que são essenciais para o pessoal de manutenção. Os mesmos necessitam adquirir e exibir determinadas habilidades e técnicas, as quais devem ser exercidas de forma adequada, no contexto adequado e no momento correto. Na aviação, habilidades psicomotoras e procedimentais têm tradicionalmente recebido maiores atenções, porém, no caso da formação do desempenho humano, algumas competências adicionais são necessárias, tais como o desenvolvimento de habilidades de comunicação adequadas.
 - **Agir:** as atitudes desempenham um papel importante na determinação do desempenho global. Aspectos filosóficos relativos às práticas operacionais, desejáveis atributos profissionais e disposições favoráveis ao bom profissionalismo são considerados nessa categoria. Especialistas em fatores humanos tem fortemente enfatizado o papel das atitudes apropriadas na implementação e sustentação de práticas de manutenção seguras e eficazes.

Cada organização desenvolve e estabelece o programa de treinamento em fatores humanos com certas diferenças em função de seus desafios específicos e de sua cultura corporativa. No entanto, existem elementos comuns de que aumentam o sucesso do treinamento. Exemplos desses elementos comuns incluem

- **Apoio da gestão:** O apoio da alta administração, e os gerentes seniores devem ter a visão e o compromisso para reduzir os erros de manutenção e aumentar a segurança com atenção voltada aos problemas dos fatores humanos.
- **Treinamento para todos:** o treinamento em fatores humanos deve se estender a todos os níveis da organização. Ele não pode ser limitado apenas aos colaboradores ligados diretamente a linha de manutenção.
- **Registro e gerenciamento de erros:** para que o treinamento em fatores humanos seja eficaz na redução de erros, os funcionários devem ser capazes de transferir diretamente os conceitos do treinamento em práticas no local de trabalho. Nesse caso, auditorias e um sistema de gerenciamento de erros são ferramentas importantes para identificar não só as ações positivas já implantadas, mas também as oportunidades para melhorias.
- **Comunicação contínua e *feedback*:** A comunicação contínua e o *feedback* (retorno das informações) devem ocorrer para a sustentação do processo de mudança. Diversos canais de comunicação existem para a distribuição dos resultados relativos ao treinamento em fatores humanos. Estes incluem boletins, reuniões de grupo, discussões pessoais, quadros de avisos públicos, e-mail, etc. A ideia é proporcionar aos gestores e aos funcionários informações sobre as ações atuais e previstas no local de trabalho e seus efeitos sobre o desempenho geral da empresa em qualidade, confiabilidade e segurança.

5.3.4 Gerenciamento de Fadiga

Segundo o CAA, (2002) algumas situações de fadiga podem incluir comprometimento da habilidade de alerta situacional, diminuição das habilidades motoras, perda de memória recente, fixação sobre um assunto sem importância, falta de decisão ou decisões erradas e alterações repentinas do humor.

Para o ICAO (2003) os acidentes e incidentes ocorridos durante as atividades de manutenção aeronáutica e causados por fadiga representam não só impactos diretos no voo, mas também no ambiente de manutenção e nos próprios funcionários envolvidos.

O treinamento dos gestores, os quais têm a responsabilidade de planejar e controlar turnos, pausas, períodos de trabalho e horas-extras, é essencial para o gerenciamento da fadiga, assim como a ajuda dos próprios funcionários para o reconhecimento de sintomas ligados a mesma (FAA, 2000). O gerenciamento da fadiga dentro dos princípios de fatores humanos possui efeito significativo na redução da probabilidade de erro humano através do planejamento de processos e atividades. O mesmo é necessário para a criação de condições de trabalho onde situações envolvendo fadiga sejam eliminadas ou minimizadas, reduzindo dessa maneira a ocorrência de acidentes e incidentes na manutenção aeronáutica.

6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso apresentado ocorreu em 11 de setembro de 1991, em uma aeronave da fabricante Embraer modelo EMB 120 Brasília, prefixo N33701, da companhia aérea norte americana Continental Express. A aeronave realizava o voo 2574 partindo de Laredo no Texas para Houston com 3 tripulantes e 11 passageiros, quando teve uma falha estrutural enquanto fazia o procedimento de aproximação para pouso no aeroporto de Houston. A aeronave encontrava-se a uma altitude de 11.800 pés (3596 metros), quando a ponta do estabilizador horizontal esquerdo separou-se da aeronave, devido ao resultado de uma perturbação aerodinâmica. Segundo relatório da (NTSB 1992), nesse acidente todas as 14 pessoas a bordo foram fatalmente feridas.

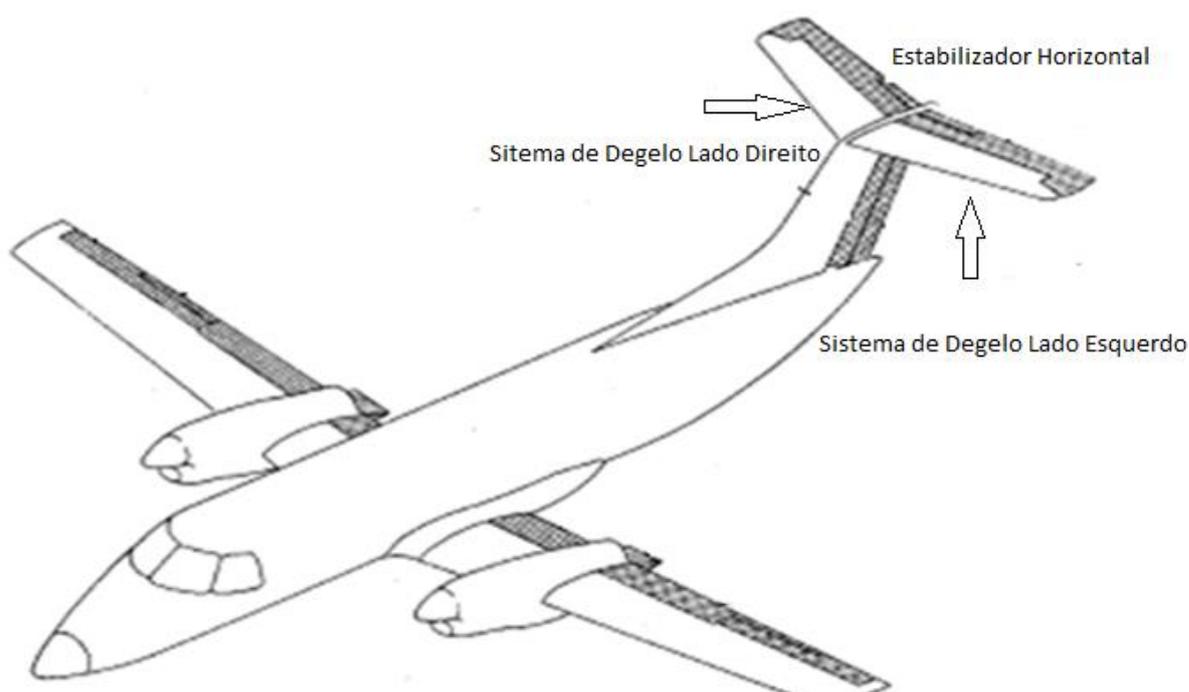
A aeronave tinha passado por manutenção nos sistemas de degelo localizados no estabilizador horizontal na noite anterior ao acidente, os mecânicos

efetuaram a remoção dos parafusos da parte superior e inferior em ambos os lados do estabilizador horizontal. Essa atividade tinha sido parcialmente concluída quando houve a mudança de turno da equipe de manutenção.

Os mecânicos que assumiram o turno não estavam cientes sobre a remoção dos parafusos da parte superior do estabilizador horizontal, enquanto que os parafusos da parte inferior da superfície tinham sido deixados apenas apontados no local para finalização do torque, eles concluíram o serviço apenas com os parafusos da parte inferior e assinaram o documento relativo a essa tarefa e aprovaram a aeronave para retorno a operação. Ao assumir o voo pela manhã, a tripulação realizou o Check List de pré-voo e a mesma não teria sido capaz de enxergar a falta dos parafusos de fixação na parte superior do estabilizador horizontal.

A investigação da NTSB “National Transportation Safety Board” (NTSB 1992) determinou que a causa provável do acidente foi a falha da manutenção da empresa Continental Express, e o principal fator contribuinte para causa desse acidente foi a falha na gestão da Continental Express em garantir o cumprimento dos procedimentos de manutenção aprovados. A Figura 4 ilustra a localização do sistema de degelo no estabilizador horizontal.

Figura 4: Aeronave Modelo Embraer 120



7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao utilizar a metodologia MRM para analisar o acidente, um dos maiores aspectos que desencadeou o acidente do voo 2574 da Continental Express, foi a falta de comunicação e controle de qualidade no serviço executado, o que caracteriza a falha de gestão da Continental Express, confirmando o primeiro aspecto do MRM (suporte da alta administração em fatores humanos), para garantir os procedimentos de manutenção aprovados no seu manual da qualidade.

A tarefa de manutenção tinha sido executada parcialmente, pois na instalação dos *boots* do sistema de degelo, somente os parafusos de fixação da parte inferior haviam sido instalados, entretanto a equipe de manutenção assinou as fichas de manutenção e aprovou a aeronave para retorno ao serviço como se a tarefa tivesse sido concluída por completo, sendo que a execução se deu por duas equipes distintas.

Pôde-se constatar que a tripulação ao receber a aeronave para realizar o voo, durante o check de pre-voo, não tinha a menor condição de observar a falta dos parafusos na parte superior, fato esse assinalado pelo relatório do NTSB, bem como o desconhecimento do serviço executado na noite anterior.

Esses fatos caracterizam a ausência de mais um dos aspectos do (MRM e CRM), falta de comunicação, e falta de treinamento em fatores humanos entre as equipes, evidenciando uma passagem de turno falha, porque em nenhum momento fica comprovado à realização de um *debriefing* momento que no encerramento do turno reúnem-se os colaboradores para falar do desempenho da equipe e fazer recomendações para evitar a repetição dos erros cometidos e/ou se prevenir contra erros futuros da equipe, e, um briefing da equipe que assumiu o turno, para traçar o planejamento das ações a serem executadas, constatando que, a comunicação ativa entre as equipes poderia ter favorecido em um ponto positivo no maior gerenciamento do erro a fim de evitar o acidente em questão. A priori fica evidente a importância desempenhada pelo CRM / MRM na mitigação de falhas humanas, em níveis de manutenção e operação, que venham a contribuir com a prevenção de acidentes aeronáuticos. Fica notório a importância das ferramentas do gerenciamento humano na prevenção de falhas, além da fiscalização contínua de possíveis problemas advindos dos assim chamados “fatores humanos” na aviação.

Observou-se no estudo de caso descrito no trabalho, dados que direcionam como causa raiz de acidentes aeronáuticos fatores ligados diretamente a ação humana, seja ela, na utilização correta ou incorreta de procedimentos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do MRM modifica a cultura de segurança de uma organização tendo como foco a segurança, alterando o comportamento e aperfeiçoando o desempenho da equipe de manutenção. É possível afirmar que, a implantação do programa de MRM em uma organização ajuda a minimizar os riscos relacionados a fatores humanos, com maior gerenciamento a falha de comunicação e o trabalho coordenado em equipe. Ainda é possível destacar que, a implantação do programa de MRM na manutenção, é de grande importância para a elaboração, implementação e fortalecimento de ações responsáveis por aumentar a segurança no ambiente da manutenção aeronáutica.

A realização deste trabalho, de forma bem positiva, pôde evidenciar e constatar, sem deixar dúvidas que a implantação do MRM em uma organização de manutenção aeronáutica, pode-se gerenciar o erro humano, com foco na comunicação e com a implantação de padrões dos processos na cadeia de manutenção, direcionando para um alto padrão na segurança de voo.

9 REFERÊNCIAS

ATSB - Australian Transport Safety Bureau. **An overview of human factors in aviation maintenance.** Canberra, 2008. Disponível em: <<http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/550.pdf>>. Acesso em: 19 Jun. 2017.

BARRETO, Márcia Regina Molinari. **A contribuição da psicologia para a segurança da atividade Aeronáutica.** Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_083_595_11001.pdf>. Acesso em: 26 Jun. 2017.

BEARD, B. L.; AHUMADA, Jr, A. J. Computational vision models and occupational vision standards. In: **FAA. Human Factors Aviation Maintenance Program Review FY03**, 2003. Disponível em: <<http://www.hf.faa.gov/docs/508/docs/AvMaint03.pdf>>. Acesso em: 25 JUN. 2017.

BOEING- Boeing Commercial Airplanes. **MEDA – Maintenance Error Decision Aid**. Seattle, 2001. Disponível em: <<http://www.tc.gc.ca/media/documents/castandards/meda.pdf>>. Acesso em: 25 Jun. 2017.

BRASIL. *Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica* nº 65 – Despachante Operacional de Vôo e Mecânico de Manutenção Aeronáutica. Brasília, 2001. 47p. Disponível em: [http<www.anac.gov.br>](http://www.anac.gov.br). Acesso em: 25 Jun. 2017.

BRASIL. *Instrução de Aviação Civil*. nº 060-1002A –Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes. Brasília, 2005. 47p. Disponível em: [http<www.anac.gov.br>](http://www.anac.gov.br). Acesso em: 25 Jun. 2017.

BRASIL. *Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica* nº 43 – Manutenção, Manutenção, Preventiva, Reconstrução e Alteração. Brasília, 2014. 28p. Disponível em: [http<www.anac.gov.br>](http://www.anac.gov.br). Acesso em: 25 Jun. 2017.

CAA - Civil Aviation Authority. **Aviation Maintenance Human Factors (JAA JAR145)**. West Sussex, 2002a. Disponível em: <<http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP716.pdf>>. Acesso em: 24 Jun. 2017.

CAA - Civil Aviation Authority. **Human factors in aircraft maintenance and inspection**. West Sussex, 2009. Disponível em: <<http://www.caa.co.uk/docs/33/CAP718.PDF>>. Acesso em: 24 Jun. 2017.

DROGUETT, Enrique Lopez ; SOUZA , Fernanda Patrícia Santos de ; FIRMINO , Paulo Renato Alves. A análise confiabilidade humana: uma revisão comentada da literatura. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2010/pdf/72491.pdf>

FAA - Federal Aviation Administration. **Maintenance Resource Management Training**, AC120-72, 2000. Disponível em: <http://www.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library.pdf>. Acesso em: 29 Jan. 2016.

FAA - Federal Aviation Administration. **Human Factors Chapter 14**, 2011 Disponível em:<https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/AMT_Handbook_Addendum_Human_Factors.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2017.

HAWKINS, J. Maintenance Resource Management in Contemporary FAR 147 Classrooms: From the Toolbox to the Cockpit. **Aviation Technician Education Council** (ATEC), V. 28, n. 1, 2006

IATA - International Air Transport Association, **Annual Report**, Disponível em: <<http://www.iata.org/pressroom/Documents/IATAAnnualReport2009.pdf>> acesso em: 05 Set. 2017

ICAO - International Civil Aviation Organization. **Human factor guidelines for aircraft maintenance**, 2003. Disponível em: <<http://www.hf.faa.gov/opsmanual/assets/pdfs/ICAOHF.pdf> >. Acesso em: 23 Jun. 2017.

ICAO- International Civil Aviation Organization. **ICAO Safety Management Manual**. Doc 9859 AN /460. 2005. Disponível em: <<http://www.cao.ir/farsi/sms/Document/9859.pdf>>. Acesso em: 23 Jun. 2017.

KHALIL, S. **Human Factors for Aircraft Maintenance 2007**. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/15750363/Human-Factors-for-Aircraft-Maintenance>>. Acesso em: 25 Jun. 2017.

MAIDA, F.G. A Confiabilidade Humana em Unidades de Processamento de Refinarias de Petróleo. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

NTSB - National Transportation Safety Board. **Aviation Accident Report**, 1992, Disponível em: <<https://www.nts.gov/investigations/.../Pages/AAR9204.aspx>> Acesso em: 29 Jun 2016.

PANROTAS. **Acidentes aéreos** Disponível em:http://www.panrotas.com.br/noticia-turismo/aviacao/2016/01/cai-o-numero-de-acidentes-aereos-no-brasil-em-2015_122430.html. Acesso em: 07 jul 2017.

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2007.

REASON, J.; HOBBS A. Managing Maintenance Error: **A Practical Guide**, USA: CRC Press, 2006. 150p.

ROBERTSON, M., **Chapter 16: Maintenance Resource Management. Embry-Riddle Aeronautical University 2004**. Disponível em <<http://libraryonline.erau.edu/online-full-text/human-factorsin-aviation-maintenance/guide/chapter16.pdf>> Acesso em: 18 Jun. 2017.

SMARTCOCKPIT. Embraer 120. Disponível em: <http://www.smartcockpit.com/plane/embraer/emb120.html>>. Acesso em 17 mar.2018

TAYLOR, J. The evolution and effectiveness of Maintenance Resource Management (MRM). **Industrial Journal of Industrial Ergonomics**: Elsevier, 1997, 201-215p.