



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Departamento de Design

Centro de Artes e Comunicação

Programa de Pós-Graduação em Design

Curso de Mestrado em Design

Reginaldo Machado Campos

ERGONOMIA NA AVIAÇÃO:

UM ESTUDO CRÍTICO DA RESPONSABILIDADE DOS MECÂNICOS
DE AERONAVES NA CAUSALIDADE DOS ACIDENTES.

Recife

2011

C198e Campos, Reginaldo Machado.

Ergonomia na aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos mecânicos de aeronaves na causalidade dos acidentes / Reginaldo Machado Campos. – Recife: O autor, 2011.

296 p. : il.

Orientador: Marcelo Márcio Soares.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAC. Design, 2011.

Inclui bibliografia, anexo e apêndices.

1. Ergonomia. 2. Aviação. 3. Segurança de Tráfego – Aviação. 4. Acidentes aéreos. I. Soares, Marcelo Márcio. (Orientador). II. Título.

Reginaldo Machado Campos

Ergonomia na aviação: Um estudo crítico da responsabilidade dos mecânicos de aeronaves na causalidade dos acidentes.

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrando em Ergonomia na
Universidade Federal de Pernambuco
para obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Marcelo Márcio Soares, Ph.D.

Recife

2011

Reginaldo Machado Campos

Ergonomia na aviação: Um estudo crítico da responsabilidade dos mecânicos de aeronaves na causalidade dos acidentes.

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrando em Ergonomia na
Universidade Federal de Pernambuco
para obtenção do Grau de Mestre.

Aprovado em: ___ / ___ / _____

BANCA EXAMINADORA

Marcelo Márcio Soares

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Edgard Thomas Martins

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Laura Bezerra Martins

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Béda Barkokébas Junior

Escola Politécnica - Universidade de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo, orientador, incentivador e mestre Edgard Thomas Martins, que esteve presente em todos os momentos desta jornada e na ajuda para finalização deste trabalho.

Ao Prof. Marcelo Soares, pela orientação e motivação para aprofundar meus estudos na área da Ergonomia.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Laura Martins, que além de se tornar uma referência como pessoa, me ensinou os preceitos da Ergonomia e ao Prof. Béda Barkokébas Junior, que sempre contribuiu nos ensinamentos de sobre segurança.

A minha esposa Rita e meus filhos Felipe e Gabriel, pela motivação, por entender minha ausência e sempre me apoiar nos momentos mais difíceis desta e de outras jornadas que virão.

Aos pais, minha irmã que embora distantes, sempre estiveram me motivando.

A todos os professores do Mestrado em Design da UFPE que participaram de forma importante na minha formação.

Muito obrigado de todo coração!

O risco não está no que se faz, mas no controle inadequado sobre o que se faz.

“Para se designarem coisas novas são precisos termos novos. Assim o exige a clareza da linguagem, para evitar confusão inerente à variedade dos sentidos das mesmas palavras.”

Alan Kardec

SUMÁRIO

Campos, Reginaldo Machado. **Ergonomia na aviação: Um estudo crítico da responsabilidade dos mecânicos de aeronaves na causalidade dos acidentes**. Recife, 2011. 327 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Design - UFPE.

Palavras chaves: Ergonomia, Erro Humano e Segurança.

Este trabalho discorre como, onde e quando as falhas ergonômicas detectadas como resultado das análises dos registros, extraídos dos relatórios divulgados pelas mais conceituadas entidades oficiais de investigação e prevenção de acidentes na aviação como NTSB, FAA, CENIPA, entre outros. Falhas estas que podem ter sido causalidades totais, efetivas ou contributivas de acidentes e incidentes aéreos. Trata-se de levantamentos que trouxeram informações ergonômicas até agora pouco discutidas nas ocorrências de acidentes aéreos. Acidentes originados por fatores correlacionados à área de manutenção e também a discussão de alternativas que podem reduzir este fator contributivo. Esta dissertação identifica fatores ergonômicos que contribuem para a causa de incidentes ou acidentes, algumas vezes desastrosos, envolvendo perdas materiais e humanas. Foram analisados principalmente os erros que aconteceram de forma isolada e naqueles cujas combinações levaram a ocorrência dos acidentes. Muitas destas combinações ocorreram significativamente e encadeado com outras causalidades isoladas. Este estudo resulta em dados sobre a falta de planejamento na execução da tarefa, aos problemas administrativos que acabam repercutindo em consequências não programadas, que tem suas origens por exemplo, na falta de capacitação e pontual dos mecânicos que estão atuando neste importante pilar da segurança de aeronaves.

ABSTRACT

Campos, Reginaldo Machado. **Ergonomics in aviation: A critical study of the responsibility of aircraft mechanics in the causation of accidents.** Recife, 2011. 327 p. Dissertation - Department of Design - UFPE.

Keywords: Ergonomics, Human Error and Safety

This paper discusses how, where and when faults are detected as a result of ergonomic analysis of records taken from reports released by the most respected officials from investigation and prevention of accidents in aviation as NTSB, FAA, CENIPA, among others. These reported failures may have been total actual or contributory causes of aircraft accidents and incidents. These reports have brought little ergonomic information so far discussed in the occurrence of air accidents. Accidents caused by factors related to the maintenance area and also the discussion of alternatives can reduce this contributing factor. This dissertation identifies ergonomic factors which contribute to, sometimes disastrous, incidents and accidents which may involve material and human losses. It analyzes the errors that occurred mainly in isolation and in those whose combinations led to occurrence of accidents. Many of these combinations occurred significantly and chained with other isolated causalities. The results of this study show the lack of planning in the task, the administrative problems that end up being reflected in unplanned consequences, which have their origins for example, in the absence of timely and untimely training of mechanics who are working in this important pillar of aircraft security.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Considerações iniciais	20
1.2 Objetivos: geral e específicos	27
1.3 Delimitação do tema	27
1.4 Caracterização do problema investigado.....	28
1.5 Justificativa e escolha do tema	30
1.6 Relevância para a(s) área(s) da Ergonomia	30
1.7 Objeto de investigação	31
1.8 Hipóteses	32
PARTE I – REVISÃO DA LITERATURA E ESTADO DA ARTE	33
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	33
2.1 A Ergonomia na Aviação	35
2.2 Epistemologia e o cenário atual da Ergonomia na Aviação.....	35
2.2.1 O posto de trabalho do mecânico de voo	44
2.3 O Estado de Arte na Manutenção de Aeronaves - A tarefa do profissional do mecânico de avião	46
2.3.1 A Revolução da Manutenção na Aviação	46
2.3.2 Estratégias de manutenção.....	47
2.3.3 A Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC.....	49
2.3.4 Gerenciamento do ciclo de vida dos ativos	52
2.3.5 Manutenção e confiabilidade no campo	55
2.4 O Trabalho do Mecânico de Manutenção de Aeronaves.....	55
2.4.1 O Ambiente de Manutenção de Aeronaves	56
2.4.2 Os fatores humanos na questão da manutenção na aviação	60
2.4.3 Um modelo de acidentes e incidentes de causalidade	61
2.4.4 As ações individuais	63
2.5 Condições Locais.....	73
2.6 Influência Organizacional no Erro de Manutenção	89
2.6.1 Gestão do Risco de Erros de Manutenção	90
2.7 Características de um posto de trabalho	97
2.8 Análise do Comportamento	99

2.9	Conforto Ambiental	100
2.9.1	Ambiência Luminosa	101
	Desempenho visual.....	103
	Ofuscamento	104
2.9.2	Ambiência Térmica.....	104
2.9.3	Consequência do trabalho em condições de temperatura elevada.....	106
2.9.4	Ambiência Acústica	108
2.9.5	Normas ABNT.....	110
2.10	Riscos na área de manutenção	111
2.10.1	Mapa de Risco	113
2.10.2	Riscos Físicos	115
2.11	A realidade do trabalho do mecânico de aeronaves.....	116
2.11.1	Ocorrências de incidentes e acidentes.....	117
2.12	Trabalho prescrito e trabalho real - tarefa e atividade	121
2.12.1	A tarefa, sequência do trabalho prescrito	122
2.12.2	Descompasso entre o Trabalho Prescrito e Trabalho Real: Indicadores Críticos na Aviação	122
2.12.3	Mecânico de Manutenção: o trabalho prescrito e o trabalho real	125
2.13	Aspectos cognitivos e complexidade das tarefas	128
2.14	Erro Humano na Aviação.....	130
2.14.1	Erro Humano – A tecnologia defende o equipamento	132
2.14.2	A sequência da causalidade dos acidentes sob a perspectiva do erro humano... ..	134
2.14.3	Aspectos cognitivos e erros humanos na atividade do mecânico de avião.....	136

PARTE II – DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO 138

3. METODOLOGIA APLICADA 139

3.1	A importância da abordagem investigativa	139
3.2	O Desenvolvimento do Método.....	140
3.3	Combinação de fatores na investigação.....	142
3.4	Aplicação do Método	142
3.5	O desenvolvimento do método a ser aplicado na pesquisa	144
3.5.1	O sistema de apoio computadorizado– Aviation DataBase.....	149
3.6	Descritivos dos componentes do algoritmo taxonômico.....	150
3.6.1	I – Causalidades de acidentes	150
3.6.2	II – Índícios reveladores de uma cadeia de erros.....	152
3.6.3	III – Tipo de erro-núcleo do algoritmo taxonômico	153
3.6.4	IV – Fases do voo.....	157
3.6.5	V – Eventuais indícios de causas ergonômicas.	158

3.6.6 Tabelas de classificação de erros.....	162
--	-----

PARTE III – ANÁLISE DA PESQUISA, DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES 166

4. DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA PESQUISA 167

4.1 Considerações sobre o levantamento e tratamento de dados.....	167
4.2 Apresentação das Estatísticas e Composição dos Relatórios.....	168
4.3 Apresentação dos resultados e discussão dos relatórios.....	169
4.3.1 Apresentação do algoritmo (I) sobre a Ação Errada da Tripulação (baseado no algoritmo de O'Hare) impactada por erros de manutenção	170
4.3.2 Componente de classificação (II)- Fases do voo – Análise Estatística	177
4.3.3 Componente de classificação (III)- Indícios reveladores de uma cadeia de erros ..	180
4.3.4 Componente de classificação (IV)- Causalidade dos Acidentes - Estudos estatísticos dos seus sub- componentes.	182
4.3.5 Componente de classificação (V)- Componente Visibilidade – Estudos estatísticos	189
4.3.6 Componente de classificação (VI)- Porte das Aeronaves – Estudos Estatísticos....	191
4.3.7 Componente de classificação (VII)- Indícios Ergonômicos – Estudos Estatísticos..	192

PARTE IV – DISCUSSÃO, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO. 200

5. DISCUSSÃO, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO 201

5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	201
5.1.1 O erro humano na aviação.....	201
5.2 RECOMENDAÇÕES	208
5.2.1 Treinamento, difusão de informações e capacitação	208
5.2.2 Avaliação estrutural das aeronaves	209
5.2.3 Avaliação dos atuais procedimentos de vistoria	209
5.2.4 Fiscalização das áreas de Manutenção.....	210
5.2.5 A classificação de erros dos órgãos responsáveis por investigação e prevenção de acidentes aéreos – Quebrando paradigmas.....	211
5.2.6 Mudanças na formação de projetista de aeronaves e responsáveis por de investigação de acidentes	211
5.2.7 Criação e desenvolvimento de um sistema de Gestão de Recursos de Manutenção (MRM – Maintenance Resource Management).....	212
5.3 CONCLUSÕES DA PESQUISA	214
5.3.1 A culpabilidade dos mecânicos de aeronaves.....	215
5.3.2 Os projetos e as estruturas físicas das aeronaves.....	216
5.3.3 Procedimentos de execução de tarefas e vistoria;	217

5.3.4 Aspectos relacionados à condição de trabalho;	219
5.3.5 Aspectos relacionados à fiscalização;	220
5.3.6 Culpabilidade da área de manutenção relacionada aos aspectos organizacionais .	220
Considerações Finais.....	222

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	224
BIBLIOGRAFIA.....	237
APENDICES.....	244
APENDICE 1 – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS	245
APENDICE 2 – TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO.....	246
APENDICE 3 – CHECKLIST DE INSPEÇÃO	251
APENDICE 4 – RELATÓRIOS DO SISTEMA AVIATION DATABASE.....	255
Relatório 01	255
Relatório 02	259
Relatório 03	265
Relatório 04	267
Relatório 05	269
Relatório 06	273
Relatório 07	277
Relatório 08	280
Relatório 09	281
Relatório 10	283
Relatório 11	285
ANEXOS.....	288
ANEXO I - Casos de acidentes relacionados com a manutenção	289
Caso 1 – Japan Airlines Boeing 747, 1985.....	289
Caso 2 - Eastern Airlines L-1011, 1983.....	290
Caso 3 - Aloha Airlines Boeing 737, 1988.....	293
Caso 4 - British Airways BAC-111, 1990.....	294
Caso 5 - Air Midwest, Beech 1900D, 2003.....	295

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fatores contribuintes dos acidentes aéreos (disponibilizada no site do NTSB- National Transport Safety Board www.ntsbt.org)	23
Figura 2 – Componentes que colocam e mantêm uma aeronave em voo (Fonte: baseado na figura de Martins, 2006, 2010).....	25
Figura 3 – Cabine da aeronave Airbus A380 – Fonte: Site Airbus	37
Figura 4 – Cabine da aeronave Boeing 737-200 – Fonte: do Autor	38
Figura 5 – Cockpit do Avião DC-3, com destaques para as manetes (Fonte: www.inema.com.br)	40
Figura 6 - DOUGLAS B-26 Marauder (foto disponibilizada pelo site www.zenoswarbirdvideos.com/More_B-26 Stuff.html 15/05/2005).....	41
Figura 7 - FAIRCHILD –C-82 FLYING VAGON (foto disponibilizada pelo site www.alaska.faa.gov/FAI/afss/AcftPhoto-List.htm -15/05/2005)	41
Figura 8 - NORTH AMERICAN B-25 (foto disponibilizada pelo site marylandaviationmuseum.org/history/martinaircraft/22.html – 15/05/2005.....	41
Figura 9 - DOUGLAS DC-3 DAKOTA (foto disponibilizada pelo site www.douglasdc3.com 15/05/ 2005)	42
Figura 10 – Processo de desenvolvimento de um sistema (Fonte: Drury, 1992).....	46
Figura 11 – Diagrama de decisões – Seleção de tarefas Fonte: SANDTORV and RAUSAND (1991).....	50
Figura 12 – Um modelo de causas de acidentes e incidentes.. Fonte: Reason (1990)	62
Figura 13 – Curva de Probabilidade de Detecção mostrando comprimento de uma fissura em polegadas. Fonte: Ostrom e Wilhelmsen (2008)	66
Figura 14 – Relação de utilização de fonte informal de dados, ou "livros negros", amplamente utilizados na manutenção. Fonte Hobbs (2007)	72
Figura 15 – Um modelo de comunicação. Fonte: Hobbs (2008)	77
Figura 16 – Tipos de troca de turno. Fonte: Hobbs (2008).....	80
Figura 17 – Uma imagem da queda de vigilância - Fonte: Drury (1992).....	84
Figura 18 – Dificuldades de acessibilidade é uma característica comum em manutenção Fonte: Drury (1992)	86
Figura 19 – Aeronave me procedimento de pushback (Fonte: do Autor).....	87
Figura 20 – A ordem geral da eficácia dos controles de risco em manutenção.	89

Figura 21 – Esquema metodológico para análise ergonômica do trabalho. Fonte: Santos e Fialho (1997).....	98
Figura 22 – Fluxo luminoso incidente em uma superfície. Fonte: Pereira e Souza (2000).	102
Figura 23 – Gráfico Rendimento x Temperatura efetiva – Fonte: Fanger (1972).....	107
Figura 24 – Modelo de mapa de riscos – Fonte: Magalhães (2010)	115
Figura 25 - Descrição de um organograma de um setor de manutenção. Fonte: Aeróleo Taxi Aéreo S.A.....	126
Figura 26 – A troca de uma roda de um Douglas DC-10 – Fonte: Autor – Acervo Pessoal	131
Figura 27– Motor Airbus em manutenção Fonte: Autor – Acervo Pessoal.....	131
Figura 28 – Figura baseada no “Swiss Cheese model” de Reason (1990).....	135
Figura 29 – Causas de acidentes e incidentes (figura baseada no diagrama de Reason(1996) adaptada por Martins (2006))	137
Figura 30 – Apresentação dos nomes dos trajetos dos deslocamentos que antecedem o pouso. Fonte: Martins (2006).....	158
Figura 31 – Diagrama de identificação de falhas. Fonte: Martins (2006)	162
Figura 32- Erros de manutenção contribuintes para erros no cockpit. Fonte: Aviation Database	171
Figura 33 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial segundo O’Hare – Fonte: Aviation Database	176
Figura 34 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial segundo Dekker – Fonte: Aviation Database	176
Figura 35 – Ocorrência nas Fases do Voo – Fonte: Aviation Database	178
Figura 36 – Ocorrências de problemas relacionadas à Manutenção durante as Fases de Voo – Fonte: Aviation Database	179
Figura 37 – Indícios reveladores de cadeia de erros – Fonte: Aviation Database	180
Figura 38 – Relação de erros relacionados ao Cockpit – Fonte: Aviation Database	181
Figura 39 – Gráfico de amostra de incidência de causalidades – Fonte: Aviation Database	184
Figura 40 –Tela de amostra de incidência de causalidades – Fonte: Aviation Database	185
Figura 41 – Perspectiva Aeromédica ou Psicossocial segundo Dekker – Fonte: Aviation Database	185
Figura 42 – Ocorrências ocasionados com e sem visibilidade – Fonte: Aviation Database	190

Figura 43 – Ocorrências ocasionados com e sem visibilidade % – Fonte: Aviation Database	190
Figura 44 – Porte das Aeronaves – Fonte: Aviation Database.....	191
Figura 45 – Porte das Aeronaves – Fonte: Aviation Database.....	191
Figura 46 – Ocorrência de Indícios de Causas Ergonômicas – Fonte: Aviation Database	194
Figura 47 – Edição de Falhas Ergonômicas filtradas – Fonte: Aviation Database	195
Figura 48 – Erros Cognitivos segundo Dekker filtrados – Fonte: Aviation Database	196
Figura 49 – Erros Sistêmicos segundo Dekker – Fonte: Aviation Database	196
Figura 50 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial – Fonte: Aviation Database	197
Figura 51 – Correlação de Indícios de Causas Ergonômicas – Fonte: Aviation Database	197
Figura 52 – Correlação de Indícios de Causas Ergonômicas – Fonte: Aviation Database	198
Figura 53 – As 4 partes móveis de controle da aeronave – Fonte: Martins, (2006)	204
Figura 54 – Os ailerons (seta vermelha) e os elevators (seta amarela) de uma aeronave – Fonte: Martins, (2005)	207
Figura 55 – Detalhamento do reparo no JAL747SR – Fonte: Kobayashi e Terada (2006)	290
Figura 56 – O plug detector magnético e chip de habitação na RB-211-22B do motor – Fonte: Marx e Graeber (1994)	292
Figura 57 – A Aloha Airlines 737 logo após a aterragem de emergência.	293
Figura 58 – O Beech 1900 envolvido no acidente. A direita, o cabo esticadores de ajustamento sobre os cabos de controle do elevador. Fonte: NTSB	295
Figura 59 – Funcionamento e localização do elevador ou profundor. Fonte: (Martins 2006)	296

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela posicionamento de manetes de aviões – Fonte: Chapanis (1972).....	39
Tabela 2 – Tabela de Ruído em decibéis (dB) – Fonte:Stevens e Warshofsky (1965, p. 173.).....	110
Tabela 3 – Cores usadas no Mapa de Risco e Tabela de Gravidade - Fonte: CIPA (2011)	114
Tabela 4 – Resultado de ocorrências de segurança – Fonte: LAMES (2001)	119
Tabela 5 – Fatores de ocorrências – Fonte: LAMES (2001)	120
Tabela 6 – Fatores de ocorrências – Fonte: LAMES (2001)	120
Tabela 7 – Classificação dos componentes do núcleo do algoritmo.....	156
Tabela 8 – Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos.....	161
Tabela 9 – Alterações (vermelho e itálico) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O’Hare (1994))”.....	163
Tabela 10 – Alterações (vermelho e itálico) no grupo “Indícios reveladores de uma cadeia de erros” (Segundo a FAA).....	164
Tabela 11 – Alterações (vermelho e itálico) no grupo Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores do CENIPA).....	165
Tabela 12 – Alterações (vermelho e itálico) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O’Hare (1994))”.....	170
Tabela 13 - Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos	193
Tabela 14 – Classificação dos componentes do núcleo do algoritmo.....	246
Tabela 15 - Alterações (vermelho) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O’Hare (1994))”	247
Tabela 16 – Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos.....	248
Tabela 17 - Alterações (vermelho) no grupo “Indícios reveladores de uma cadeia de erros” (Segundo a FAA).....	249
Tabela 18 - Alterações (vermelho) no grupo Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores do CENIPA).....	250

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAIB - Air Accident Investigation Branch

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADAMS - Aircraft Dispatch and Maintenance Safety System

AET - Análise Ergonômica do Trabalho

ASAP - Association of Strategic Alliance Professionals

ASRS - Aviation Safety Reporting System

ATSB - Australian Transport Safety Bureau

BAMSS - Boletim de Aeronaves e Manutenção de Sistema de Segurança

BEA - *Bureau d'Enquêtes et d'Analyses* (Escrit. de Investigações e Análises da França)

CAA - United Kingdom Civil Aviation Authority

CASR - Civil Aviation Safety Regulation

CENIPA - Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes

CHT - Certificado de Habilitação Técnica

DORT - Doenças Osteoarticulares Relacionadas ao Trabalho

EASA - European Aviation Safety Agency

FAA - Federal Aviation Administration

GMR - Gestão de Manutenção de Recursos

HFACS - Human Factors Analysis and Classification System

HFACS-ME (Human Factors Analysis and Classification System - Maintenance Extension)

HFE - *Human Factors Engineering*

ICAO - International Civil Aviation Organization

IEC - International Engineering Consortium

ISO - International Organization for Standardization

LER - Lesões por Esforços Repetitivos

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MEC – Ministério da Educação

MEDA - Maintenance Error Decision Aid

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NBR – Normas Brasileiras

NTSB - National Transportation Safety Board

PASA - Programas de Ação de Segurança da Aviação

PMV - *Predicted mean vote*

PPD - *Predicted Percentage of Dissatisfied* .

SGS - Sistema de Gestão de Segurança

SMS – System Management Security

STS – *Socio/Technical Systems Tradition*

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Nossos estudos tratam de aspectos até então pouco explorados e conhecidos sobre a responsabilidade dos mecânicos de aeronaves na causalidade dos acidentes, uma vez que algumas análises não detalham como fatores ergonômicos podem afetar a sustentação segura da aviação. Através de nossos estudos avaliamos variáveis que interferem na execução da tarefa do mecânico de avião, sendo que em alguns casos estes foram causadores diretos ou indiretos de acidentes aéreos.

Novas tecnologias foram desenvolvidas pelos projetistas nas aeronaves, buscando a melhor performance destes artefatos, porém sem levar em consideração as consequências que estes avanços poderiam causar aos usuários diretos das máquinas. Segundo Ostrom e Wilhelmsen (2008), a partir da Segunda Guerra Mundial começaram as avaliações ergonômicas das consequências destes avanços tecnológicos nos pilotos (tripulação) ou Apoio de Terra (mecânicos, abastecimento, carregamento e controle de tráfego).

Os desenvolvimentos de novas tecnologias são feitos através de pesquisas e da necessidade da evolução humana e por consequência de materiais e produtos. Estas tecnologias que hoje estão a nossa volta, em todos os produtos e materiais que lidamos e são encontrados em todos os meios de transporte que utilizamos. No caso dos automóveis mais modernos, boa parte das intervenções de manutenção, o profissional tem que ter conhecimentos mecânicos e saber interagir com equipamentos como computadores e monitores, utilizados para avaliar os veículos através de softwares. Segundo Marx e Graeber (1993), estas interfaces de comunicação entre o ser humano e a máquina requerem uma preparação destes profissionais de manutenção para executar sua tarefa de forma correta. A falta de preparação para manusear estes artefatos modernos pode ter consequências das mais diversas, desde um pequeno incidente até um acidente de proporções catastróficas.

Estamos vivendo a era do conhecimento, onde podemos perceber inúmeras evoluções positivas, mas que muitas vezes podem vir a comprometer a forma como o ser humano interage com esta ou outras máquinas utilizadas para o transporte. Quando nos voltamos para a área de aviação, a necessidade de conhecimento para manusear estes artefatos passa a ser mais crítica. Na manutenção de um automóvel, caso ocorra algum problema, a probabilidade de incidentes ou acidentes com perdas materiais ou mesmo humanas é muito menor. Se tratando de uma aeronave, qualquer problema de manutenção pode se tornar um incidente ou acidente de grandes proporções. Cada vez mais se conclui que

nestes tipos de equipamentos são necessárias pessoas especializadas e a maior necessidade de aperfeiçoamento e treinamento dentro das suas profissões, para evitar que erros básicos sejam cometidos e coloquem em risco a aviação segura.

Contextualização

Estaremos abordando pontos sobre a execução das tarefas do mecânico de avião e qual as implicações que podem ocorrer em função dos diversos fatores que o cerca dentro das suas atividades. O trabalho do mecânico de aviação normalmente é executada sob forte pressão em função da necessidade que sua execução tem que ser feita de forma correta e com a mínima possibilidade de erros, seja pelo tempo mínimo da manutenção ou mesmo por fatores que não são de conhecimento público, como problemas organizacionais, falta de treinamento ou mesmo incapacidade técnica.

Estudando aspectos operacionais de aviões em transito em relação à rotina de operação diária nos aeroportos, alguns trabalhos efetuados pela manutenção, como vistoria do estado geral da aeronave, abastecimento de combustível, troca de pneus, entre outros, embora rotineiros, são extremamente importantes. Alguns fatores ambientais como temperatura, luminosidade e ruído podem influenciar direta ou indiretamente na execução das tarefas do mecânico de avião. Esta pressão aumenta em função do tempo de parada da aeronave que está em trânsito, onde atrasos normalmente podem causar problemas na continuidade da viagem, tempo que a tripulação pode permanecer a bordo, multas e outros problemas operacionais. Podemos citar ainda os usuários que são diretamente afetados em caso de atrasos.

As manutenções efetuadas durante o estacionamento noturno destas máquinas, chamadas de pernoite, onde o fator tempo de manutenção pode ser considerado maior, os registros históricos destes fatores que pressionam o profissional mostram que estes não deixaram de existir. Durante este período são efetuadas as manutenções dos equipamentos que, embora apresentassem algum problema, não comprometia a segurança de voo. Já no caso dos mecânicos que executam suas tarefas quando as aeronaves passam por revisões periódicas, chamadas de *Check's* A, B, C e D e ocorrem em função da quantidade de horas voadas ou mesmo do fator tempo, estes profissionais tem que trabalhar sob um forte regime de organização. Segundo Hobbs e Williamson (2000), um dos pontos principais que tem importância para este estudo se mostra na troca de equipes em função dos turnos de trabalho, onde normalmente estes deveriam dar continuidade ao trabalho da equipe anterior e já existem estudos que mostram os problemas causados nestes momentos.

As condições de trabalho e a preparação destes profissionais de manutenção de aviação podem determinar situações que poderão conduzir a problemas, dos mais simples até mesmo os mais comprometedores em relação à segurança de voo, como pequenos incidentes, às vezes imperceptíveis ou até mesmo acidentes catastróficos. São poucas as avaliações dos componentes que podem influenciar estes profissionais de manutenção de aeronaves envolvidos na execução das suas tarefas em seu posto de trabalho.

Podemos considerar as aeronaves em transito, que estão passando por pernoite ou mesmo por *check's* ou inspeções periódicas¹. Segundo os levantamentos estatísticos disponibilizados por órgãos de investigação como ATSB – (Australian Transport Safety Bureau), CENIPA (Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes), FAA (Federal Aviation Administration), NTSB (National Transportation Safety Board), entre outros, o principal fator a desencadear um acidente de aviação comercial é o erro humano. Um levantamento feito pelo fabricante de aeronaves Boeing, envolvendo acidentes ocorridos entre 1996 e 2005, atribuiu 55% a erros da tripulação. A segunda causa preponderante (em 17% dos casos) foram os problemas mecânicos do avião (<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL77167-5603,00.html>). Estes problemas mecânicos podem ter sido causados por problemas de desgaste ou falhas das peças, ou mesmo por falhas na manutenção que normalmente não aparecem nas estatísticas.

Qualquer avião antes de sair do solo passa obrigatoriamente por uma manutenção e/ou inspeção. Sempre há um grande questionamento quanto à responsabilidade da causalidade dos acidentes aéreos de grandes proporções como os ocorridos com as aeronaves Airbus 320 da TAM e Focker 100 no Aeroporto de Congonhas ou da GOL sobre a Floresta Amazônica, que se chocou no ar com o avião da EMBRAER Legacy 600. Todos causaram a morte de todos os ocupantes das aeronaves das Companhias Aéreas TAM e GOL, incluindo algumas pessoas em terra, segundo relatos amplamente divulgados na mídia e também investigados pelo CENIPA (Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes) através de seus relatórios investigativos.

Segundo o NTSB (2008), o maior componente de participação nos acidentes com aeronaves é o fator humano, onde o peso de sua participação nas estatísticas é muito maior que a soma de todos os outros fatores apresentados, conforme mostrado na figura 1.

¹ Periodicamente são efetuadas inspeções (*check*) aos aviões de acordo com um determinado tempo de utilização. Existem quatro tipo de checks: Check A e Check B, consideradas inspeções de rotina; e Check C e Check D, de duração e análise mais aprofundada.

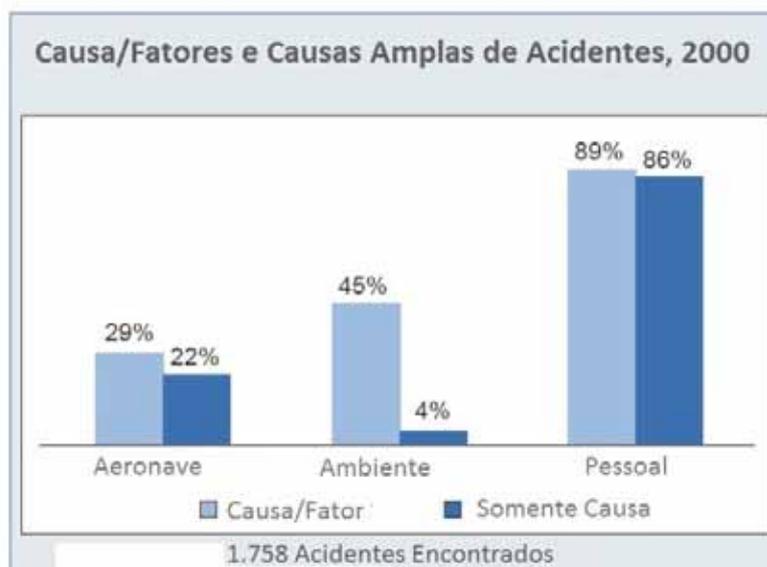


Figura 1- Fatores contribuintes dos acidentes aéreos (disponibilizada no site do NTSB- National Transport Safety Board www.ntsbt.org)

No caso da aeronave modelo Focker 100 da TAM prefixo PT-MRK que fazia o voo 402 com destino ao Rio de Janeiro em 31/10/1996, que durante o procedimento de decolagem no Aeroporto de Congonhas – São Paulo, teve o freio aerodinâmico (reversor) de uma de suas turbinas aberto, fazendo o avião perder a sustentação e cair sobre várias casas próximas do aeroporto, no bairro do Jabaquara (Terra Notícias – Acesso em 03/08/2011). Além de causar a morte de todos os ocupantes da aeronave após a sua queda, várias pessoas no solo também foram atingidas e algumas de forma fatal. Durante as investigações foram levantadas várias hipóteses sobre a causalidade e, segundo o CENIPA, algumas estavam relacionadas à manutenção. O outro acidente que comoveu a opinião pública foi o acidente com a aeronave modelo Airbus A320 também da Companhia Aérea TAM no Aeroporto de Congonhas prefixo PR-MBK, voo 3054 procedente de Porto Alegre (Globo Notícias – Acesso em 03/08/2011). Esta aeronave fabricada com dois propulsores a jato veio para pouso com um dos reversores “pinado”, ou seja, inoperante. Juntando a este fator tinham ainda uma forte chuva, a pista estava em reforma para recapeamento e ainda sem a totalidade dos sulcos² (Grooving) na sua extensão para evitar acúmulo de água, estes fatores estavam presentes no momento da sua aterrissagem. Este acidente é considerado o maior acidente aéreo do Brasil, além da repercussão mundial

² São fendas transversais (grooving) de ¼ de polegada (cerca de 6 mm) de profundidade e ¼ de polegada de largura com uma polegada (aproximadamente dois centímetro e meio) de separação entre elas.

sobre a segurança de voo. Várias indagações foram feitas sobre os fatores que causaram estes acidentes e algumas destas indagações destes fatores estavam diretamente relacionadas à manutenção. Conforme dados obtidos e estudados por Reason (2000), podemos assim dizer que estas conjunções de fatores foram contribuintes para que o acidente ocorresse. Estas conjunções são como barreiras de defesas que são quebradas até culminar no acidente. Normalmente é feita uma ampla investigação avaliando todas as possibilidades que contribuíram para a ocorrência destes e de outros acidentes, e em alguns casos os fatores causadores ficam sem conclusões definitivas.

Difícilmente um único fator é o determinante causal para a ocorrência de um fato desta natureza. Para verificar esta hipótese, avaliaremos pesquisas efetuadas utilizando os relatórios finais de acidentes aéreos coletados nos órgãos de investigação, e aplicaremos o software de análise Aviation Database (Martins 2006). Este software foi desenvolvido pelo Prof. Edgard Martins para avaliação de acidentes aéreos já investigados e com suas conclusões publicadas. Sabe-se que são vários componentes e situações operacionais que ocorrem simultaneamente ou sucessivamente em uma aeronave, que convergem no momento do acidente que acabam gerando fatalidades quando as situações operacionais começam a ter problemas como falhas de operação, falhas de equipamentos ou falhas de manutenção. Através de uma análise crítica foram levantados os pontos relacionados à manutenção que poderiam influenciar nos aspectos ergonômicos nas causalidades dos incidentes e acidentes aéreos. Estes aspectos foram correlacionados através do Software Aviation Database (Martins 2006) e gerados relatórios sobre os fatores ergonômicos ligados à manutenção que, eventualmente influenciaram estes incidentes e acidentes.

Os registros oficiais de acidentes com aeronaves são feitos por órgãos de prevenção e investigação como a FAA (Federal Aviation Administration), NTSB (National Transportation Safety Board) e o CENIPA (Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes, que foram a base para nossa pesquisa. Este último aponta para o fator do erro humano ser culpado ou fator contribuinte nos acidentes numa proporção próxima a 60%, conforme dados estatísticos divulgados no seu site (CENIPA – Acesso em 28/07/2011). Além desta informação este relatório indica outros fatores contribuintes para os acidentes aéreos tais como a falta de planejamento (47,7%), indisciplina no voo (28,1%) e outros fatores citados nesta pesquisa.

Deve-se considerar que o mecânico de aeronaves, executa suas tarefas relacionadas à manutenção de um equipamento que iniciou seu projeto de fabricação alguns anos antes. Esta máquina complexa depende das perfeitas

condições de funcionamento, e principalmente das tarefas bem executadas pelos mecânicos de manutenção para sua operação segura.

Este artefato, após a sua entrega à operação, irá passar para os profissionais que precisam mantê-lo em plenas condições de funcionamento e principalmente em segurança. Isto ocorre em conjunto com os outros dois componentes que integram os Pilares de Sustentação de uma aviação segura, que são o Projeto de Produção, A Pilotagem e o Apoio de Terra, com mostrado na figura 2. As tarefas de manutenção preventivas e corretivas executadas no dia a dia pelos mecânicos de aviação, que praticamente garantem a operacionalização com segurança destas aeronaves.



Figura 2 – Componentes que colocam e mantêm uma aeronave em voo (Fonte: baseado na figura de Martins, 2006, 2010)

Estes especialistas em manutenção de aeronaves, através da observação, estudo e experiência aprenderam a realizar as tarefas mais precisas possíveis, e assim corrigir e prever os possíveis defeitos. Porém, inserido neste caminho para a busca da perfeição técnica da aeronave por todos os 03 Pilares de Sustentação de uma aviação segura, estão invariavelmente os mecânicos de avião que atuam no dia a dia destas operações. Estes mecânicos são responsáveis de forma direta e indireta pela tripulação e os passageiros que estão a bordo e que em caso de

acidentes catastróficos, é quem paga o preço mais alto, que muitas vezes é a própria vida.

A análise da confiabilidade humana (ACH) é uma ferramenta que fornece informações qualitativas e quantitativas, que identificam as ações críticas que um trabalhador deve realizar para desenvolver uma tarefa a contento, identificando ações errôneas (não desejadas) que podem degradar o sistema, identificando situações de erro provável e identificando quaisquer fatores que poderiam contribuir para os erros no desempenho de qualquer ação (KIRWAN e AINSWORTH, 1992).

O erro humano, se intencional ou não intencional é definido como qualquer ação humana ou a sua falta, que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema (KIRWAN, 1994). Qualquer definição de erro humano deve considerar as ações e limites específicos envolvidos numa tarefa em particular, em um determinado contexto e ser considerado como um resultado natural e inevitável da variabilidade humana em interações com um sistema, refletindo as influências de todos os fatores pertinentes no momento em que as ações são executadas. O conceito de erro humano não deve ter conotação de culpa e punição, devendo ser tratado como uma consequência natural, que emerge devido a não continuidade entre a capacidade humana e a demanda do sistema.

Os equívocos técnicos das equipes de manutenção certamente ocorrem, mas é preciso analisar suas origens, que muitas vezes são remetidas às falhas de projetos, problemas organizacionais, aos erros de operação ou às vezes de planejamento relacionados à manutenção. Outros fatores a serem considerados é a falta de capacitação, o tempo curto de reparo em manutenções corretivas, o planejamento das manutenções de pernoite, que muitas vezes são mal planejados onde se negligencia o ciclo circadiano das equipes, às falhas relacionadas à passagem de turno, às informações erradas ou desatualizadas de reparos para correção de erros de projetos, além de outras condicionantes operacionais que podem influenciar diretamente na ocorrência de incidentes ou acidentes aéreos. As descobertas têm sido úteis para a compreensão de problemas de saúde relacionados com atividades desenvolvidas em períodos de tempo longos e irregulares e com diferentes fusos horários. Em recentes estudos com a participação de cientistas de universidades e da *FAA- Federal Aviation Administration* (Ibid),³ foram documentados efeitos significantes de problemas físicos e psicossociais, originados por uma diversidade de fatores causais na

³ A *Federal Aviation Administration (FAA)* é a entidade governamental dos Estados Unidos da América responsável pelos regulamentos e todos os aspectos da aviação civil.

performance de pilotos durante os voos. Mostraremos na nossa pesquisa a veracidade das hipóteses levantadas no início da nossa dissertação.

1.2 Objetivos: geral e específicos

Nosso objetivo geral nesta pesquisa foi analisar com enfoque ergonômico a tarefa do mecânico de avião no seu ambiente e as consequências na causalidade de acidentes aéreos.

Os objetivos específicos da nossa pesquisa são:

Determinar correlações de falhas humanas através de investigação em relatórios de acidentes aeronáuticos que conduzem a eventos normalmente indesejados, como um acidente aéreo;

- Investigar os fatores ergonômicos causadores de falhas humanas que poderão contribuir para a ocorrência de incidentes e acidentes⁴ aéreos, dentro da nossa amostra de pesquisa.

1.3 Delimitação do tema

Um estudo prospectivo foi elaborado analisando os relatórios disponibilizados pelos órgãos oficiais de investigação de incidentes e acidentes aéreos de vários países, como ATSB – (Australian Transport Safety Bureau), CENIPA (Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes), FAA (Federal Aviation Administration), NTSB (National Transportation Safety Board), utilizando o software Database Aviation (Martins 2006). Este software foi utilizado para executar cruzamentos de informações dos relatórios sobre a responsabilidade dos mecânicos de aeronaves, tanto de aeronaves em transito, quanto dos mecânicos que trabalham nos hangares, que podem ter contribuído nas causalidades de incidentes ou acidentes aéreos.

Foram analisados 125 (cento e vinte e cinco) através de amostragem relatórios finalizados pelos órgãos oficiais de investigação de incidentes e acidentes aéreos, cujo fator principal para sua ocorrência foi relacionado à manutenção. Estes relatórios são datados de 1946 até 2010, sendo que não houve qualquer distinção entre países, fabricantes e porte de aeronave.

⁴ *Acidente*: Acontecimento fortuito, geralmente lamentável, infeliz; desastre: acidente aéreo.

Incidente: Que sobrevém do decurso de um fato principal; acessório, ocasional, superveniente: uma ocorrência ocasional sem consequências graves - Fonte: KOOGAN/HOUAIS (1999).

1.4 Caracterização do problema investigado

A manutenção é utilizada em diversos tipos de organizações para evitar possíveis falhas e quebras em máquinas e instalações. A manutenção é importante para fornecer confiabilidade aos equipamentos, melhorar a qualidade e para a redução de custos, uma vez que as manutenções programadas são menos onerosas, e essenciais quando se considera os aspectos de segurança na aviação. Há vários tipos de manutenção que pode ser empregada como por exemplo, a manutenção corretiva, preventiva e a preditiva. O importante é ter em mente que uma aeronave com tantos sistemas complexos e interligados não vai funcionar para sempre e que este equipamento deverá passar por manutenções periódicas de acordo com os seus fabricantes. A manutenção em equipamentos deve ser decisão da empresa, seja por parte de orientações do fabricante ou por política da própria empresa, mas sempre priorizando a segurança do voo.

A aviação de uma forma geral faz os procedimentos de manutenção bem mais elaborados do que outros segmentos, visto que os custos financeiros e as consequências em caso de falhas são muito maiores. Embora seja recomendada a manutenção preventiva e preditiva em todos os equipamentos, sejam de qualquer natureza, em alguns casos, a manutenção só se dá quando da necessidade da aplicação do tipo de manutenção conhecido como corretiva. É muito comum trocar peças operacionais e em bom estado de funcionamento de aeronaves por recomendação do fabricante, diferente do que ocorre em outros segmentos, como automóveis, veículos pesados, etc. Segundo Nakajima (1988), quando aplicadas as técnicas corretas de manutenção normalmente recomendadas pelos fabricantes, a organização deixa de ficar consertando o artefato de forma contínua, para procurar as causas fundamentais e passa a gerenciar estas manutenções. Há vários motivos que nos levam a executar procedimentos de manutenção nas aeronaves, sendo eles:

- a) **Aumento da confiabilidade:** a boa manutenção gera menos paradas sem programação;
- b) **Melhora da qualidade:** máquinas e equipamentos mal ajustados têm mais probabilidade de causar erros ou baixo desempenho e podem causar problemas de qualidade;
- c) **Diminuição dos custos:** quando bem cuidados, os equipamentos funcionam com maior eficiência;

- d) **Aumento da vida útil:** cuidados simples como limpeza e lubrificação, garantem a durabilidade da máquina, reduzindo os pequenos problemas que podem causar desgaste ou deterioração e

- e) **Melhora da segurança:** máquinas e equipamentos bem mantidos têm menos chance de se comportar de forma não previsível ou não padronizada, evitando assim, possíveis riscos ao operador.

Algumas particularidades na área de manutenção de aeronaves acabam se destacando, onde a operacionalização segura do voo se torna crucial acima de qualquer situação. Qualquer economia que possa comprometer esta operacionalização sem comprometimento da segurança normalmente não é praticada. As investigações quando da ocorrência de incidentes ou acidentes buscam informações que irão apontar as responsabilidades e caso seja constatada tais irregularidades, as consequências podem ser danosas não só financeiramente, mas principalmente para a imagem da empresa.

A manutenção muitas vezes gera custos elevados em função da falta de envolvimento dos profissionais de manutenção nos projetos quando da sua concepção e mesmo de testes operacionais. Podem ocorrer diversas situações com o design que levam a deficiência da operacionalização da manutenção, como por exemplo, o acesso a determinados componentes que necessitam de manutenção constante, envolvendo o tempo para desmontar e montar partes devido a problemas de concepção de projetos e outros fatores. Hoje as companhias estão se preocupando em fazer um controle de riscos, onde a maior dificuldade está na influência da organização neste tipo de controle. Este controle só é possível com a montagem de um banco de dados de erros ocorridos durante os procedimentos de manutenção, mas estes dificilmente são relatados, visto que isso pode acarretar numa punição para o trabalhador. Às vezes procedimentos organizacionais e mesmo erros nos processos podem refletir na manutenção de uma aeronave, como na liberação de uma peça do estoque que deveria estar pronta para o uso ou no envio de uma peça defeituosa para reparo. Qualquer falha nestes processos pode causar problemas dos mais diversos.

Muitas vezes este profissional se vê obrigado a executar uma tarefa fora dos procedimentos por diversos fatores. Estes fatores podem ser falta de tempo, falta de componentes adequados para reposição, falta de ferramentas adequadas ou mesmo o não cumprimento da sequência de procedimentos informada pelos manuais. O modelo baseado no “Queijo Suiço” de Reason (2000), faz uma analogia com os fatores citados que podem ser contribuintes para ocorrência de incidentes ou mesmo acidentes.

1.5 Justificativa e escolha do tema

O posto de trabalho do mecânico de avião está sujeito a situações que podem gerar indução a um equívoco, seja de ordem operacional ou mesmo um erro humano, como distração, erros individuais, falta de procedimentos, problemas cognitivos, manuais mal formulados, entre outros. Fatores relacionados ao erro humano como problemas de percepção, lapsos de memória, deslizamentos a partir de um procedimento rotineiro, mesmo por suposições erradas, acabam levando a equívocos técnicos que podem acabar causando incidentes ou acidentes com as mais diversas consequências. As violações de procedimentos podem direcionar às mais diversas situações que abrangem execução da tarefa de um mecânico de avião, sendo que em alguns casos as consequências são catastróficas. Há várias formas de pressão que são exercidas nestes profissionais, seja por custo ou tempo por parte das companhias aéreas em não atrasar seus voos, ou pela execução da tarefa, que normalmente tem que estar no limite da perfeição e excelência em qualidade. A execução de qualquer tarefa na aviação de forma equivocada ou mesmo displicente pode ter como resultado incidentes e até tragédias que são amplamente divulgadas nos meios de comunicação.

Nosso trabalho levanta pontos importantes referentes à ergonomia que observamos nos relatórios finais de incidentes e acidentes até então pouco tratados ou mesmo destacados. Assim pretende-se contribuir de forma positiva para que se aumente a segurança de voo, destacando os pontos principais onde os fatores ergonômicos poderão ser apontados como contribuintes para a ocorrência destes incidentes e acidentes aéreos e posteriormente serem prevenidos ou pelo menos amenizados.

1.6 Relevância para a(s) área(s) da Ergonomia

A manutenção de uma forma geral passou a ser vista nos últimos anos de forma diferente nos processos produtivos, trazendo maiores análises da relação entre o ser humano e a máquina. Um exemplo que podemos citar destas análises seria o aspecto cognitivo, de como o ser humano reage e se comporta diante de um artefato durante a manutenção. Estas análises estão mostrando a cada dia a importância e necessidade da manutenção nos processos produtivos. Com a demanda produtiva cada vez maior e com a acirrada competitividade pelo mercado, não é admissível que máquinas que servem aos meios de produção, seja ela de produtos ou serviços, como é o caso da aviação, parem de produzir ou até mesmo produzam com uma capacidade inferior do que a projetada. A manutenção assume uma função de suma importância, não só nos processos

produtivos, mas para a garantia de serviços essenciais ao conforto e ao bem estar dos usuários que manuseiam estas máquinas ou que são servidos por elas.

Os profissionais de manutenção estão sujeitos a várias interferências do meio aonde ele exerce a sua tarefa. Diversos fatores como: ambientais, organizacionais ou mesmo pessoais podem interferir direta ou indiretamente durante a execução de suas tarefas de manutenção, seja corretiva, preventiva ou preditiva.

Desta forma, podemos afirmar que esta análise irá proporcionar aos meios ligados à manutenção de aeronaves, uma reflexão e uma avaliação de como estes profissionais de manutenção estão inseridos nos seus ambientes e como poderão ser melhoradas as condições de trabalho, para que estes possam exercer sua tarefa da forma mais adequada.

1.7 Objeto de investigação

O ponto principal desta investigação foi a análise da responsabilidade dos mecânicos na causalidade dos acidentes de aeronaves, através de pesquisas nos órgãos oficiais de investigação, responsáveis por emitir relatórios de investigação já concluídos. Foram observados detalhes que não foram destacados nos relatórios técnicos de tais órgãos, como problemas causados devido às condições do ambiente do trabalho, fatores relacionados à Ergonomia, que embora presentes, dentre outros não foram considerados. Existem vários fatores que podem contribuir para gerar resultados diferentes dos previstos durante o trabalho do mecânico de avião. Diversas variáveis, incluindo as ergonômicas contribuem para falhas que poderão causar problemas, desde incidentes até acidentes de maiores proporções. A partir deste levantamento foram montadas correlações e detalhes que poderão ajudar na obtenção de informações, até então pouco exploradas sobre problemas de natureza ergonômica relacionados à manutenção de aeronaves.

Pergunta guia:

Em que medida se configura a correlação entre os acidentes e incidentes aeronáuticos e a participação direta ou contributiva da manutenção de aeronaves nas ocorrências?

1.8 Hipóteses

- Existe uma efetiva correlação entre os acidentes e incidentes aeronáuticos e a participação direta ou contributiva da manutenção de aeronaves;
- A negligência aos preceitos da Ergonomia Organizacional⁵ na áreas de manutenção de aeronaves influencia fortemente os índices de acidentes na aviação, como origem de causalidades ou fator contributivo.

⁵ Segundo Hendrick (1991), o termo “Ergonomia Organizacional” ou “Macroergonomia” é definido como a otimização do design dos sistemas de organização e trabalho, considerando a relevância das pessoas, as variáveis tecnológicas e ambientais e suas interações.

PARTE I – REVISÃO DA LITERATURA E ESTADO DA ARTE

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado mundial de aviação esta crescendo a cada dia e cada vez mais vemos a necessidade de termos mais segurança nas aeronaves. Neste contexto podemos avaliar as áreas envolvidas para que se tenha uma aviação segura e no estudo que fizemos o foco foi na área de manutenção. Ao mecânico de aviação esta é atribuída uma parte da responsabilidade para manter a aviação segura em todos os momentos, seja no ar ou quando esta ainda esta em terra sendo preparada para a fase de voo. O mecânico de aeronaves se vê muitas vezes trabalhando em situações desfavoráveis, seja em função da pressão do tempo ou ainda devido ao ambiente ao qual ele esta inserido.

A análise das ações do pessoal operacional durante o processo de manutenção envolvido em acidentes e incidentes tem sido o método tradicional utilizado pela aviação, para avaliar o impacto do ser humano do seu desempenho em matéria de segurança de voo.

Quando os relatórios do processo de investigação de acidente e incidentes aéreos são apresentados pelos órgãos internacionais já citados anteriormente, pouco se leva em consideração os processos que podem ter conduzido a estes incidentes e acidentes investigados. O mecânico de aeronaves por vezes não recebeu o devido treinamento para executar suas tarefas e pouco se analisou os fatores que estão a sua volta que podem ser contribuintes para as ocorrências. Embora a maioria das investigações tenham tendência a buscar aprendizados para futuras ações preventivas, nem sempre os fatores ergonômicos, psicológicos ou mesmo cognitivos são considerados. O ambiente ao qual este profissional esta boa parte do tempo durante a execução da sua tarefa contribui muitas vezes de forma decisiva para facilitar a geração de problemas. Os fatores organizacionais

nem sempre são apontados ou nem mesmo considerados em investigações, onde a falta de política de acompanhamento deste profissional ou ainda devido a fatores de tempo, são muitas vezes contribuintes de incidentes com aeronaves. Esta chamada contribuição pode ser exemplificada com a falta de organização de peças para reposição, dificuldade de acesso a informações ou mesmo falta ou ineficiência nos procedimentos a serem seguidos durante a execução de uma tarefa ou passagem de turno. Existe uma guerra velada entre os procedimentos de segurança para manter uma aeronave em condições de voo e a pressão para que esta fique disponível o maior tempo possível operacional. Embora o fator segurança seja considerado como prioridade na aviação, muitas vezes o mecânico se vê forçado a disponibilizar o quanto antes esta aeronave para voar. Este compromisso entre a produção e a segurança é um equilíbrio complexo e delicado, exigisse que estes profissionais da área de manutenção sejam muito eficazes na aplicação dos mecanismos para alcançar com êxito a segurança de voo.

Nossos estudos abordou os fatores que influenciam a performance e a competência do mecânico de avião na execução da tarefa em seu posto de trabalho, que poderão contribuir para avaliar a imputação de responsabilidade deste profissional na causalidade dos acidentes, considerando mais profundamente os aspectos ergonômicos. Em função disto, foram avaliados os erros humanos e as suas consequências, que podem causar desde pequenos incidentes ou até acidentes trágicos, como perda de bens e/ou vidas humanas. Para tal análise se fez necessário fixarmos alguns conceitos importantes. Dentre estes conceitos, incluímos as descrições de alguns tipos de erros humanos, com ênfase nos fatores psicológicos e nas condições ambientais de trabalho como luminosidade e temperatura, as pressão em função do tempo e da necessidade da execução perfeita de suas tarefas.

Também iremos abordar outros pontos importantes como as consequências das trocas de turno, a pressão corporativa e relacionada ao desrespeito ao ciclo circadiano⁶, que pode interferir diretamente na execução apropriada da tarefa do mecânico de aviação. Outro ponto que trataremos será a falta de conhecimento apropriado e continuado do sistema, que remetem aos problemas relacionados à ineficiência de treinamentos. Este problema é agravado pela evolução contínua da tecnologia das aeronaves que cada vez exige mais treinamento dos responsáveis pela manutenção destes artefatos.

⁶ *Ciclo Circadiano designa o período de aproximadamente um dia (24 horas) sobre o qual se baseia todo o ciclo biológico do corpo humano e de qualquer outro ser vivo, influenciado pela luz solar.*

Aspectos operacionais e organizacionais interferem no trabalho diário deste profissional, onde as incidências destes fatores alteram o desempenho do mecânico de avião

2.1 A Ergonomia na Aviação

Este sub-capítulo apresenta os fundamentos registrados por especialistas em falhas humanas e estudiosos da aviação e de segurança de voo, tais como James Reason, Colin Drury, Edgard Martins e outros, de forma a fundamentar os assuntos tratados nesta dissertação. Iniciaremos apresentando o estágio atual da ergonomia nesta área de conhecimento.

2.2 Epistemologia e o cenário atual da Ergonomia na Aviação

A Ergonomia que estuda a relação do ser humano com a máquina e esta sempre analisando o ambiente onde este trabalho esta sendo realiza, evidencia através de suas análises a distância entre o trabalho prescrito e o real. Embora a aviação seja uma área que, devida à necessidade de ter suas tarefas executadas mais próximas da perfeição, a Ergonomia contribui de forma importante quando avalia os trabalhadores da área aeronáutica. As condicionantes físico-ambientais e organizacionais muitas vezes exigem uma adaptação ao trabalho diferenciado a cada dia (novos desafios, novas tecnologias, imprevisibilidade, novas pressões temporais, etc.) nem sempre previsto no seu trabalho diário.

As aeronaves normalmente têm seu tempo de solo programado, onde se observa uma grande pressão temporal das atividades, principalmente nos horários que estas aeronaves estão no pátio dos aeroportos em transito e em pequenos intervalos de paradas chamados pernoite. Segundo (MATOS; PROENÇA (2003), o ritmo de trabalho nestes intervalos é considerado bastante intenso durante a sua execução e esse é determinado principalmente, pelas limitações temporais das aeronaves em solo. Neste sentido surge a preocupação com a saúde dos trabalhadores desta área, na medida da conscientização que as condições de trabalho e de saúde estão diretamente relacionadas com o desempenho e produtividade. Sendo assim, tornar-se-á necessário criar condições adequadas para que as pessoas desenvolvam suas atividades e evitar aquelas que possam gerar uma má qualidade de vida e *stress* no trabalho, ficando esse ponto mais crítico quando se trata de manutenção de aeronaves.

Podemos destacar as contribuições da Ergonomia quando da sua função de fazer uma melhor interação entre o ser humano e seu trabalho, de forma a melhorar a sua qualidade de vida e relação com o meio ao qual ele está inserido. Neste contexto deve-se estar alerta para a importância de se considerar, além das máquinas e equipamentos utilizados para transportar as pessoas, também toda a cadeia em que ocorre o relacionamento entre o ser humano e o seu trabalho. Segundo Maciel (2002), não se deve considerar somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais de como esse trabalho é programado e controlado para produzir os resultados desejados.

O conceito de Ergonomia vem evoluindo com o tempo, à medida que aumenta a necessidade da interação entre o ser humano e a máquina. Em agosto de 2000, a IEA - Associação Internacional de Ergonomia adotou a definição oficial apresentada a seguir. Segundo a ABERGO (2000), a Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.

Segundo Meister (1999), a história formal da ergonomia pode ser representada por vários caminhos, onde um deles se configura como uma sequência de eventos cronológicos considerando participação e experiências. Ele afirma que a ergonomia, pode ser dividida temporalmente nos fatos que antecederam e aconteceram durante a Primeira Guerra Mundial, durante e após a Segunda Grande Guerra, onde o desenvolvimento de armamentos, dos artefatos da área aeronáutica incluindo aviões, radares e equipamentos de apoio foram intensificados durante este período. Este autor registra que estes eventos tiveram grande influência no desenvolvimento da Ergonomia.

Mas também prossegue Meister (1999), este desenvolvimento pode ser focado através dos eventos históricos desta ciência, tratados em vários países, principalmente Inglaterra quando do início da revolução industrial, dos Estados Unidos e União Soviética durante e após as duas Grandes Guerras Mundiais. A Guerra promoveu grande desenvolvimento de sonares, radares e aeronaves de alto desempenho que levaram a estudos sobre a influência que estes equipamentos exerciam sobre os limites do ser humano, sejam eles físicos ou cognitivos.

As características físicas dos equipamentos agora deveriam ser direcionadas a extrair vantagens das capacidades humanas e evitar os efeitos negativos das suas limitações, visto que foram constatados que muitas vezes pilotos trocavam de aeronaves para executar novas missões e tinham que se adaptar a comandos totalmente inversos. Tal estudo foi feito por Fitts e Jones *apud* Chapanis estavam o DC-3, o C-47, o B-25 e o C-82. A disposição de três controles críticos no painel de cada um desses aviões eram inversos, levando muitas vezes a tomadas de decisões erradas que por sua vez causavam acidentes.

Em sua maioria isto continua ocorrendo em função do pouco envolvimento da ergonomia na concepção do projeto, que conseqüentemente irá trazer dificuldades no futuro e posteriormente problemas diversos e muitas vezes catastróficos. Temos como exemplo a diferença entre os aviões dos fabricantes Airbus e Boeing, que tem concepções totalmente diferentes de comandos de pilotagem, como no caso dos manetes de pilotagem mostrados nas figuras 5 e 6. A figura 3 mostra os manetes da cabine de uma aeronave Airbus que são joystick's, muito parecidos com os utilizados nos jogos de videogame.



Figura 3 – Cabine da aeronave Airbus A380 – Fonte: Site Airbus

Já na figura 4, o manete de controle são as consideradas tradicionais, com um manche de controle que o piloto segura com as duas mãos para controlar a aeronave.



Figura 4 – Cabine da aeronave Boeing 737-200 – Fonte: do Autor

Tais condições mostradas nas figuras 3 e 4 mostram a diferença entre os dois tipos de comandos. Esta situação pode se agravar quando uma companhia aérea, como é o caso da TAM no Brasil, tem aeronaves dos dois fabricantes e pilotos que são aptos a voar em aeronaves com as características mostradas no caso dos manetes.

Segundo Chapanis (1972), em uma pesquisa de uma tarefa com 500 pilotos realizada por Fitts e Jones, foi solicitada a descrição dos pormenores de um erro na operação do cockpit, que tenha sido cometido pelo piloto ou sob seu comando no momento do acontecido. Ainda segundo o autor, o cruzamento destas respostas com o exame das aeronaves envolvidas, permitiu que Fitts e Jones recomendassem alterações nos desenhos objetivando reduzir estes erros relatados.

A maior parte destes erros se referia à posição, dimensão e cores dos manetes de controle de potência dos motores, mistura (ar-gasolina) do combustível e passo (ângulo das pás) das hélices. A variação de cores e a variação das posições destes manetes de controle apresentada em alguns das principais aeronaves da época, conduziam os pilotos a verdadeiras armadilhas, expondo-os a probabilidade de potenciais acidentes devido a esta despadroneização.

Chapanis (1972), *apud* Martins 2006 apresenta uma ilustração bastante esclarecedora. No final da II Guerra Mundial, em dezembro de 1945, Fitts e Jones deram início a uma pesquisa para apurar se alguns acidentes aéreos rotulados de ‘erro do piloto’ não resultariam, na realidade, de projetos imperfeitos ou inadequados. Entrevistaram-se 500 pilotos e as análises demonstraram que muitos dos acidentes possuíam importantes elementos em comum.

Dentre os tipos de aviões pesquisados no estudo de Fitts e Jones *Apud* Chapanis estavam o DC-3, o C-47, o B-25 e o C-82. A disposição de três controles críticos no painel de cada um desses aviões eram determinados conforme a Tabela 1a seguir:

Avião	Esquerda	Centro	Direita
DC-3	Hélice	Potência	Hélice
B-25	Afogador	Hélice	Mistura
C-47	Hélice	Afogador	Mistura
C-82	Mistura	Afogador	Hélice

Tabela 1 – Tabela posicionamento de manetes de aviões – Fonte: Chapanis (1972)

Podemos destacar a figura 5, onde mostra o cockpit de um DC-3 e seus manetes na parte inferior central, sendo que nas aeronaves citadas na Tabela 1, os mesmos tinham outras funções. Podemos imaginar um mecânico que atendia a várias aeronaves e tivesse que fazer um ajuste ou mesmo uma manutenção corretiva nestes aviões, qualquer distração poderia significar a troca das funções destes comandos a causar problemas dos mais diversos, desde um retrabalho como até mesmo um fator causal de um acidente. O DC-3 tinha como função principal o transporte de carga e passageiros da Aviação Militar e Civil. É senso comum entre os pilotos que tiveram o privilégio de voar esta aeronave que este avião tem uma ótima usabilidade.



Figura 5 – Cockpit do Avião DC-3, com destaques para as manetes (Fonte: www.inema.com.br)

Os pontos levantados por Fitts e Jones também pode se aplicar quando falamos do mecânico de avião, que hora estava trabalhando em um tipo de avião e no próximo momento estava em aeronaves totalmente diferentes. Aeronaves estas que tinham a concepção totalmente diferente das anteriores, seja de fabricantes ou mesmo dos fatores construtivos. Tais procedimentos poderiam contribuir para falhas na manutenção e vir a causar incidentes e mesmo acidentes por problemas na manutenção. Estas falhas não significaram necessariamente imperícia (Santos, 2001), mas sim pela inadequação do sistema humano-máquina à tecnologia utilizada como mostrado na figura 5. Podem-se encontrar as culpas destas falhas na má integração do sistema humano-tecnologia.

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram estas principais aeronaves incluídas na tabela 1, apresentando as posições e cores dos manetes de controle do motor e passo dos hélices pelas setas nas cores: reto- passo do hélice, azul- potência, vermelho- mistura.



Figura 6 - DOUGLAS B-26 Marauder (foto disponibilizada pelo site [www.zenoswarbirdvideos.com/More_B-26 Stuff.html](http://www.zenoswarbirdvideos.com/More_B-26_Stuff.html) 15/05/2005)



Figura 7 - FAIRCHILD –C-82 FLYING VAGON (foto disponibilizada pelo site www.alaska.faa.gov/FAI/afss/AcftPhoto-List.htm -15/05/2005)



Figura 8 - NORTH AMERICAN B-25 (foto disponibilizada pelo site marylandaviationmuseum.org/history/martinaircraft/22.html – 15/05/2005)



Figura 9 - DOUGLAS DC-3 DAKOTA (foto disponibilizada pelo site www.douglasdc3.com 15/05/ 2005)

Meister (1999) também registra que se podem ter indícios de estudos ergonômicos na Guerra Civil Americana no desenho de uniformes e armas e no desenvolvimento do submersível Hunley, onde alguns aspectos do projeto podem ser considerados como princípios primitivos da ergonomia.

Segundo Alexanderson (2003), o avião é uma máquina complexa, onde as técnicas de utilizá-la tem se modificado muito, acompanhando os avanços da tecnologia digital com um número cada vez maior de equipamentos adicionados às aeronaves, que vão desde fibras ópticas substituindo cabos metálicos até o uso de tecnologias de comunicação entre sistemas sem fio (Wireless) que normalmente causavam interferências nos sistemas dos aviões. A concorrência nas dinâmicas representadas por seus movimentos no ar em relação a outras aeronaves, nas operações de saídas e chegadas em aeroportos estabelece uma grande demanda de complexas ações de segurança, controle e de imposição de regulamentos.

Somente no Brasil, o transporte aéreo de passageiros registrou, de janeiro a outubro de 2010, um aumento de 25% nos voos domésticos e de 21,3% nos internacionais, em comparação ao mesmo período de 2009, e considerando apenas rotas operadas por companhias aéreas brasileiras, segundo a ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil e a Transporta Brasil (Acesso em 21/11/2010). Além disto, constata-se a cada dia o aumento da capacidade das aeronaves, amplamente divulgada pela mídia quando dos seus lançamentos pelos fabricantes, que passaram a transportar muito mais passageiros e carga, modificando também o tipo de trabalho do pessoal de apoio de terra, de suporte de alimentação de bordo, de abastecimento de combustível, entre outros. Tratores, material de apoio e de auxílio de movimento em terra também foram adaptados para suportar a operação destas aeronaves. Todos estes fatores geram a necessidade que os mecânicos de aviação estejam cada dia mais

preparados para lidar com as estas novas tecnologias. Por sua vez, as organizações tem que se preocupar em ter profissionais cada vez mais capacitados para atender às necessidades deste aumento de demanda que esta ocorrendo.

O grupo de trabalho da FAA (1996) que trata de Fatores Humanos ressalta que os princípios da ergonomia não são via de regra, efetiva e apropriadamente adotados no campo da aviação. A tecnologia aeronáutica leva muito tempo para maturar porque qualquer alteração implica em muito tempo de avaliações e testes. Aviões modernos que estão em voo nos dias de hoje levam até quatro anos para entrar em operação definitiva, devido a testes de fadiga do equipamento, sua instrumentação, processos de manutenção entre outros detalhes, isto significa, além de tudo, um alto custo de desenvolvimento. Por isto, os preceitos de elaborações de projetos de postos de trabalho e aparelhos tendem a adotar tradições arraigadas nos conceitos de fabricação e treinamento destes profissionais como dogmáticos e quase imutáveis. Mas quando é adotada uma nova tecnologia para construção de instrumentos e em aplicação de materiais, acontece uma sobrecarga ainda maior no mecânico com novos e diferentes conhecimentos necessários para administrar uma manutenção mais complexa e mais técnica.

As mudanças tecnológicas colocam o ser humano em situação de extrema pressão ambiental e ficam mais evidentes as incompatibilidades entre o humano e tecnológico e por se desconsiderarem os fatores humanos como os ativos nestes processos, resultam falhas dos sistemas. E quando se buscam as explicações, a solução mais fácil é culpar o ser humano, alegando o erro humano. As componentes Cognição e Comunicação para o mecânico quando este esta executando sua tarefa em aviões que estão em manutenção, em relação ao conjunto de informações que processa, são muito críticas e este humano está constantemente recebendo-as através de computadores conectados ao sistema e na maioria das vezes ocorre pela observação e experiência do profissional. Hoje na maioria dos casos, vemos que os mecânicos necessitam cada vez mais de conhecimentos na área de informática, pois antes de atuarem diretamente no problema, é necessária uma avaliação através do diagnóstico feito por computadores. Estes são capazes de avaliar dos dispositivos eletrônicos até partes mecânicas através de sensoriamento. Caso seja detectado um problema, este profissional deverá tomar todas as providências necessárias para corrigir o mesmo. Se tratando de um avião em manutenção durante um curto período de tempo, como no caso da aeronave em transito, ampliam assim as pressões para que este profissional resolva o quanto antes o problema, visto que hoje as

companhias aéreas trabalham com o menor tempo possível de aeronaves no solo.

2.2.1 O posto de trabalho do mecânico de voo

A introdução a cada dia de novas tecnologias e novos aparatos no mercado da aviação leva a necessidade dos profissionais envolvidos da sua operação a se especializarem cada vez mais. Todas as áreas que dão sustentação a aviação segura conforme mostradas na figura 2, página 29, que são: Projetos, Pilotagem e Apoio de Terra, onde nesta área se encontram os mecânicos de aviões. Estes mecânicos de aviação necessitam passar por treinamentos constantes para aperfeiçoar seus conhecimentos, assim como se preparar para lidar com estes novos desafios.

Podemos considerar que durante o tempo de adaptação a estas novas tecnologias os indivíduos envolvidos passam por situações que muitas vezes podem dificultar a sua interação com o artefato. Os aspectos cognitivos, de usabilidade de produtos, equipamentos e processos devem ter em meta o conforto, bem-estar e segurança dos usuários, consumidores, operadores, trabalhadores e mantenedores. Mas tudo leva a crer que existem muitas dificuldades encontradas para projeção de espaços aplicados na aviação:

- ✓ Na concepção de estações de trabalho;
- ✓ Nas características físico-cognitivas dos trabalhadores na realização de suas tarefas;
- ✓ Na usabilidade de suas máquinas e;
- ✓ Na interação do trabalhador com o seu ambiente de trabalho.

Na prática a ergonomia compreende a aplicação de tecnologia da interface humano-sistema para aumentar a segurança, conforto e eficiência de sistemas e qualidade de vida dos trabalhadores. Mesmo adotando estas premissas no desenvolvimento dos projetos de construção de aeronaves, sejam nas tarefas dos mecânicos e ou na usabilidade das aeronaves, com o tempo os limites das capacidades humanas estão sendo cada vez mais exigidos. Estes limites que são ultrapassados acabam sendo fator contribuinte quando ocorre algum acidente, como o caso amplamente divulgado na imprensa do voo AF447 da Air France modelo Airbus A330 que seguia do Rio de Janeiro para Paris. Ainda não há as conclusões definitivas sobre as causas do acidente, mas as primeiras informações oficiais divulgadas pela BEA (Escritório de Investigações e Análises da França) dão a informação que em determinado momento os pilotos não tinham

a menor noção do que estava acontecendo com a aeronave, como relata o boletim publicado na página do BEA (Acesso em 03/08/2011).

Segundo Drury (1992), os fatores humanos relacionados à engenharia e a ergonomia, ou HFE (*Human Factors Engineering*) tem utilizado alguma forma de analisar como os aspectos ergonômicos serão inseridos no projeto desde o seu início, visto que a cada projeto são feitos testes para ver a viabilidade técnica do projeto antes do mesmo entrar em produção, conforme demonstrado na Figura 10.

De acordo com Singleton (1974), a figura 10 representa o processo para desenvolvimento de um sistema de projetos. Ainda citando a figura 10, temos todas as fases de desenvolvimento de um projeto, onde ocorre a definição do projeto, a separação das fases e a alocação dos recursos para finalmente iniciar-se a fase do projeto, a montagem do sistema para sua aprovação e teste para confirmar se é operacional ou não. Como ocorre em todo e qualquer processo com estas características, no caso de não atendimento às necessidades operacionais, o processo pode ser remetido para o início para recomeçar todos os pontos, a fim que projeto chegue à fase final de construção. Se tratando da construção de uma aeronave, podemos atentar para a importância da participação dos engenheiros de manutenção neste processo de desenvolvimento. Através desta análise, cabe ao projetista identificar as questões ergonômicas e estas serem resolvidas a favor da melhor usabilidade do artefato ou sistema a ser construído. Podemos utilizar o processo de desenvolvimento de um sistema como o planejamento da execução de uma tarefa.

O desenvolvimento deste sistema pressupõe a compreensão das tarefas e deve iniciar-se a partir da definição das exigências das mesmas que precisam ser realizados por um operador, de modo que a chave para cada tarefa é a capacidade humana. Estas tarefas exigem comparações formais com as capacidades humanas, pois este sido uma tônica da metodologia HFE.

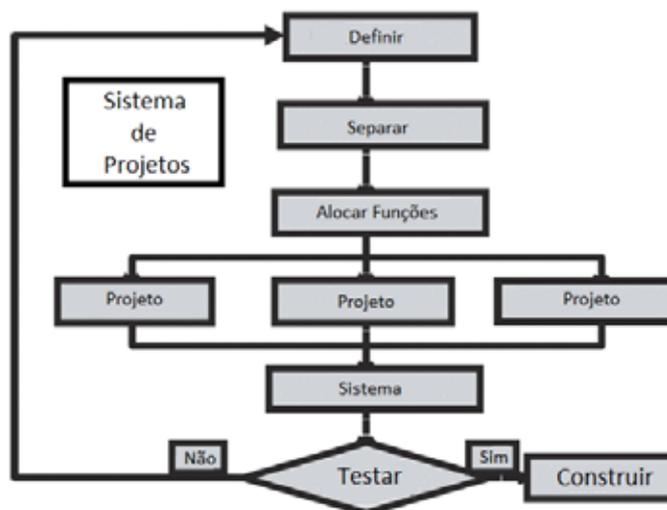


Figura 10 – Processo de desenvolvimento de um sistema (Fonte: Drury, 1992)

2.3 O Estado de Arte na Manutenção de Aeronaves - A tarefa do profissional do mecânico de avião

A manutenção segundo consta da enciclopédia e dicionário ilustrado Koogan/Houais (2009), é a ação ou efeito de manter, de sustentar e conservar. Ampliando o conceito voltando o foco para o objeto deste trabalho, acrescenta-se que manutenção é todo um conjunto de esforço ordenado, aplicado de forma adequada e especificamente sobre determinado bem ou bens, destinando-se a propiciar ao referido bem a sua plena capacidade de utilização e/ou produção ou a lhe restabelecer tal capacidade, além de maior tempo de utilização e redução de custos operacionais.

A manutenção é essencial para o melhor aproveitamento das máquinas e equipamentos. A própria utilização de forma adequada, como prescrita pelo fabricante, é uma forma de manutenção, no caso uma manutenção preventiva. Os custos de manutenção não podem ser ignorados, posto que estes custos devem ser atribuídos a mais alta relevância na maioria das entidades industriais e em alguns casos do comércio e serviços.

2.3.1 A Revolução da Manutenção na Aviação

Os custos de manutenção representam uma parcela significativa dos orçamentos de qualquer empresa aérea. Outros segmentos empresariais também têm esta preocupação, como o ramo de exploração de petróleo, mineração, indústria, e particularmente onde o envelhecimento das estruturas está envolvido,

como no caso das aeronaves. Modernas abordagens à gestão de manutenção (às vezes conhecido como manutenção centrada no lucro) são projetadas para minimizar estes custos e melhorar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e dos serviços prestados pelos mecânicos.

Neste contexto, as atividades de manutenção são tratadas como um investimento, não como uma responsabilidade organizacional. No entanto, como parte da função da racionalização geral da manutenção, muitas vezes são realizadas a redução de recursos técnicos e financeiros, tornando como foco o custo operacional das mesmas, e não focando os riscos inerentes a uma manutenção deficiente.

Antigamente a manutenção corretiva e as práticas de manutenção preventiva eram baseadas em tempo e custo, mas estas não conseguem atender às demandas modernas. A manutenção preditiva atualmente está presente em boa parte das atividades de manutenção, principalmente quando se trata de equipamentos de alto valor agregado e grande durabilidade, com são os casos das aeronaves, navios e trens. Segundo Nakajima (1988), as consequências da prática de sistemas de manutenção deficientes ou em função de investimentos insuficientes são as seguintes:

- ✓ *Redução da capacidade de produção.* Não só haverá um aumento o tempo de inatividade, mas o mais importante, os serviços prestados por estes equipamentos tenderão a ser de baixa qualidade;
- ✓ *Aumento dos custos de produção.* Sempre que os equipamentos não estiverem executando no nível ideal, haverá um aumento dos custos reais e custos de oportunidade;
- ✓ *Menor qualidade de produtos e serviços.* As consequências serão a insatisfação dos clientes e provável perda de vendas;
- ✓ *Os riscos de segurança.* Falhas podem levar principalmente à perda de vidas, ferimentos, prejudicar a imagem da empresa e perdas financeiras.

2.3.2 Estratégias de manutenção

São quatro os tipos gerais de estratégias de manutenção: corretiva, preventiva, preditiva e manutenção centralizada em confiabilidade. Segundo Nakajima (1988), o desafio consiste em otimizar o equilíbrio entre eles para a máxima rentabilidade,

ou seja, maior eficiência com baixo custo. Segundo Nakajima (1988), podemos definir os tipos de manutenção como:

- a) **Manutenção corretiva** – é aquela que ocorre quando a máquina ou equipamento deixa de funcionar, seja de forma definitiva ou parcialmente, provocando uma quebra na produção. É conhecida também como reativa, ou seja, só ocorre se houver falha da máquina ou equipamento. Esta condição, ocorrendo com certa frequência, pode comprometer o resultado do exercício da organização, uma vez que seu custo torna-se, na maioria das vezes impossível de ser administrada.
- b) **Manutenção preventiva** – é aquela realizada de forma programada, não se concentrando somente na simples lubrificação e limpeza de máquinas e equipamentos, mas na verificação ampla do estado de operação, promovendo ajustes e correções necessárias, devidamente planejadas. Neste caso, o custo incorrido tende a ser menor, refletindo, positivamente, no resultado do exercício da organização, se comparado com o tipo anterior.
- c) **Manutenção Preditiva** – consiste no monitoramento das máquinas e equipamentos, geralmente utilizando-se de sofisticados equipamentos, como por exemplo, aqueles que medem a vibração de determinadas máquinas, utilização de raios-x, obtenção de imagem infravermelho de circuitos, chaves elétricas, motores etc. Parte-se do pressuposto de que o monitoramento regular das condições reais das máquinas e equipamentos assegurará o funcionamento pleno e resultará em intervalo máximo entre os reparos. Muito utilizada nas empresas de energia elétrica, atômica e petrolífera, principalmente em plataformas marítimas e na aviação, objeto deste estudo.
- d) **Manutenção centrada em confiabilidade.** Manutenção Centrada em Confiabilidade - (MCC) ou Reliability Centred Maintenance – (RCM) envolve a criação ou melhoria de incrementos de manutenção de maneira mais econômica e tecnicamente viável. Ele utiliza uma abordagem sistemática e estruturada que se baseia nas consequências de falha. Como tal, ele representa uma mudança das tarefas de manutenção baseadas em tempo e enfatiza a importância funcional do sistema e sua história de fracasso e manutenção. MCC não é uma estratégia de manutenção específica, tais como manutenção preventiva, em vez disso, ela pode ser

empregada para determinar se a manutenção preventiva é a abordagem mais eficaz para um componente de sistema em particular.

Nas organizações de uma forma geral, a manutenção corretiva é a opção mais econômica, quando são elevados os requisitos de manutenção, sendo que no caso da aviação, este caso dificilmente se aplica, pois a necessidade de manutenção corretiva em uma aeronave por falta de manutenção preditiva podem ter consequências desastrosas.

2.3.3 A Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC

O conceito de MCC tem suas raízes na década de 1960. Segundo Boberge (1999), as estratégias MCC para aviões comerciais foram desenvolvidos na década de 1960, quando os jatos foram introduzidos nas viagens aéreas. A principal preocupação das companhias aéreas é o programa de manutenção preventiva existente baseada em tempo, que colocaria em risco a viabilidade econômica das aeronaves, manutenções essas agora maiores e mais complexas. Com a abordagem de programas de manutenção baseadas em tempo, normalmente os componentes são rotineiramente reajustado após um período de voo. Em contrapartida, como referido acima, a MCC determina os intervalos de manutenção com base na importância de um componente e seu histórico de desempenho.

A experiência das companhias aéreas com a abordagem da MCC é que o custo da manutenção permanece aproximadamente constante, mas que a disponibilidade e confiabilidade de seus aviões melhoraram. Segundo estudos de Sandtorv e Rausand (1991), a MCC agora é prática padrão para a maioria das companhias aéreas do mundo.

Abaixo iremos explicar melhor o Diagrama de Decisão da MCC (DD) desenvolvido por Sandtorv e Rausand (1991), que utiliza um conjunto de perguntas do tipo "sim ou não" para classificar as consequências dos modos de falha e, em seguida, buscar tarefas de manutenção que sejam aplicáveis e eficazes na prevenção ou mitigação⁷ destas falhas. A figura 11 mostra a parte nas quais as tarefas de manutenção dos tipos BT (baseadas no tempo), BC (baseadas na condição preditivas), TDF (testes para descobrir falhas ocultas) e corretiva são avaliadas levando em conta as características de confiabilidade dos modos de falha. O fluxograma descreve como deve ser feita a sequencia para

⁷ Segundo KOOGAN/HOUAIS (1999), *mitigar significa: Atenuar, tornar menos penoso, reduzir as consequências.*

avaliação de uma tarefa no que diz respeito às variáveis descritas. Seguindo a ordem estabelecida nestes estudos, podemos verificar que a depender da falha, a área de projetos terá que ser envolvida para solucionar o problema que esta sendo avaliado.

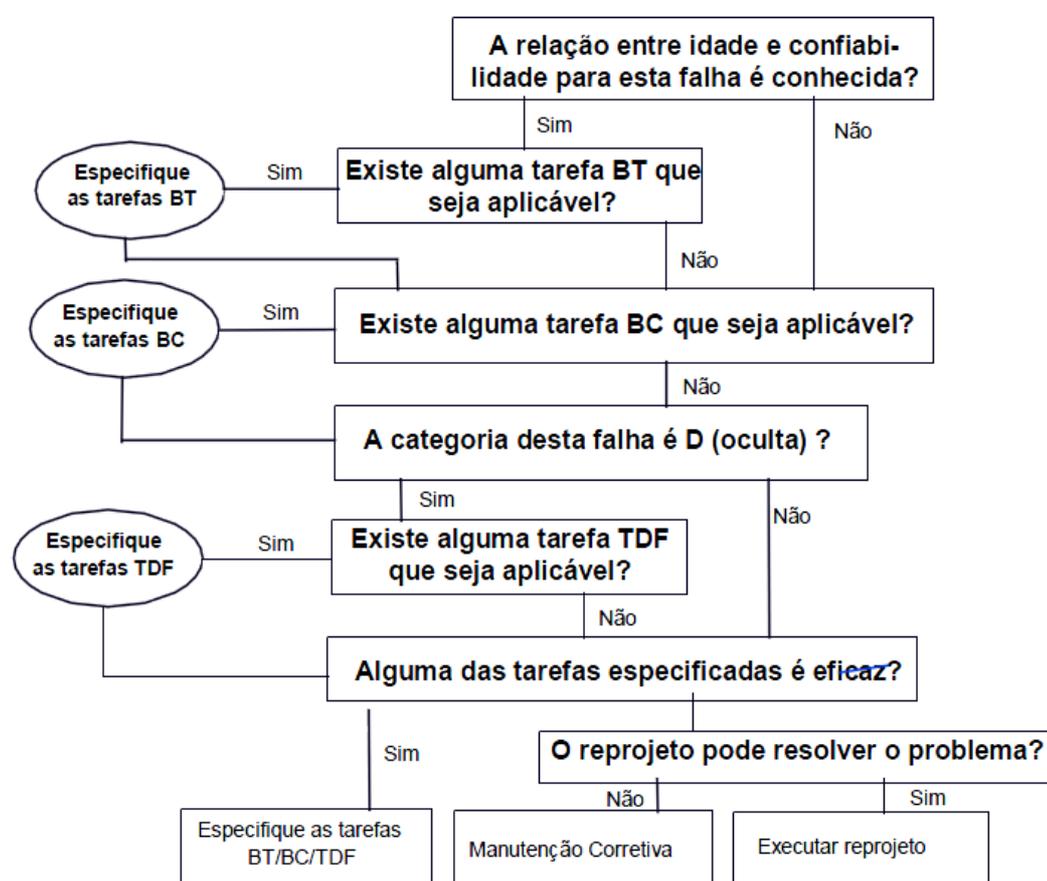


Figura 11 – Diagrama de decisões – Seleção de tarefas Fonte: SANDTORV and RAUSAND (1991)

Roberge (1999), no *Handbook Corrosion Engineering*, apresenta o desenvolvimento inicial feito pelo North American Civil Aviation através dos "Grupos de Diretores de Manutenção", (Maintenance Steering Groups – MSGs). Foi solicitado a este Grupo de Diretores de Manutenção reexaminar todos os procedimentos de manutenção que estavam sendo feitos para manter os aviões no ar. Estes grupos eram constituídos por representantes dos fabricantes de aeronaves, as companhias aéreas e pela Federal Aviation Administration - FAA. Na primeira tentativa de um processo racional, foram formuladas estratégias de manutenção e estas foram promulgadas pela ATA – Air Transport Association em Washington, DC, em 1968. Segundo Roberge (1999), essa primeira tentativa foi conhecida como MSG 1 (First Maintenance Steering Group – Primeiro Grupo de Coordenação de Manutenção), e um refinamento destes procedimentos de manutenção, conhecido como MSG 2 (Second Maintenance Steering Group – Segundo Grupo de Coordenação de Manutenção), foi promulgada em 1970,

detalhando e melhorando estes procedimentos para manter os aviões no ar de forma segura.

Em meados de 1970, o departamento de defesa dos EUA queria saber mais detalhes sobre o então “estado da arte” no pensamento de manutenção de aviação. Ele encomendou um relatório sobre o assunto da indústria de aviação. Este relatório foi escrito por Stanley Nowlan e Heap Howard da Companhia Aérea United Airlines. Eles lhe deram o título "Reliability Centered Maintenance" (RCM). O relatório foi publicado em 1978, e ainda é um dos os documentos mais importantes da história do gerenciamento de ativos físicos das companhias aéreas.

Após a conclusão dos trabalhos, foi lançado um relatório de Nowlan e Heap que representou um considerável avanço no pensamento de MSG 2 (Second Maintenance Steering Group – Segundo Grupo de Coordenação de Manutenção). Ele foi usado como base para MSG 3 (Third Maintenance Steering Group – Terceiro Grupo de Coordenação de Manutenção), que foi promulgada em 1980. MSG 3 então foi revisado duas vezes, onde a Revisão 1 foi emitida em 1988 e Revisão 2 em 1993. Ele foi usado para desenvolver programas de manutenção preventiva as novas aeronaves comerciais como por exemplo os Boeing 777 e Airbus 330/340. Segundo Roberge (1999), estes estudos contribuíram substancialmente para melhorar a manutenção preditiva e preventiva no meio aeronáutico, visto que vários procedimentos que até então eram desconsiderados passaram a ser exigidos. Estas exigências foram feitas às companhias aéreas e aos fabricantes, visando melhorar a segurança das aeronaves e manter estas aeronaves no ar.

Segundo Roberge (1999), após a aplicação do MCC na aviação comercial e de defesa, essas metodologias também foram aplicadas a manutenção de processamento de programas de energia nuclear, químico, energia de combustíveis fósseis, geração de energia e outras indústrias. Os benefícios potenciais da MCC incluem:

- ✓ Manter altos níveis de disponibilidade e confiabilidade do sistema;
- ✓ Minimizar as tarefas de manutenção "desnecessárias";
- ✓ Fornecer uma base documentada para a tomada de decisão de manutenção;
- ✓ Identificar métodos mais econômicos de inspeção, teste e manutenção.

2.3.4 Gerenciamento do ciclo de vida dos ativos

Os ativos de uma empresa são todos direitos, valores a receber, os equipamentos, prédios e bens duráveis que não sofrem movimentação constante na organização. No caso das companhias aéreas seriam as aeronaves, prédios e veículos. Há melhorias significativas em termos de custos e eficiência que podem ser feitas através da prática de aplicação de gestão de ativos, ou seja, dos equipamentos que fazem parte dos bens da empresa e de sistemas de manutenção. É fundamental que os ativos da empresa devem estar aptos para a sua finalidade, seguros para executar sua função e ter a sua integridade ambiental e acima de tudo, atender às necessidades dos usuários. Assim como uma locomotiva tem que estar apta para transportar passageiros e cargas, na aviação não é diferente se tratando de uma aeronave. Este equipamento tem que estar preparado o maior tempo possível para o transporte de cargas e passageiros a fim de atender sua finalidade e com todas as condições de segurança necessárias para voar. Neste trabalho consideramos ativos da organização apenas as aeronaves.

O ciclo de vida do ativo de uma organização através do seu gerenciamento, tem como objetivo maximizar o retorno do investimento, fornecendo informações completas sobre a sua condição e valor ao longo de sua vida. A ênfase não está sobre os custos de curto prazo de um ativo, mas sim sobre o valor total (desempenho) através de sua vida operacional, ainda mais se tratando de aeronaves que tem a vida útil de décadas. O valor ideal de um ativo é dependente de um nível ótimo de investimento. Tanto o valor do ativo, quanto os níveis de investimento disponíveis são em função do tempo, uma variável que assume grande importância no ciclo de vida de gerenciamento de ativos. Quanto maior for o valor do ativo em função do seu tempo de atividade, mais rápido o investimento retronará para organização.

A pressão para tomar decisões rápidas durante crises econômicas ou mesmo numa situação normal de mercado nunca são priorizadas quando falamos de manutenção. O principal desafio para os gestores de manutenção é garantir que os recursos disponíveis, normalmente escassos, sejam aplicados de forma otimizada para atender aos requisitos de manutenção e manter o ativo operacional. O gerenciamento de ciclo de vida dos ativos pode ter um longo caminho para fornecer soluções para este desafio, visto que quanto melhor e mais bem aplicado for o recurso destinado à manutenção, maior será o ciclo de vida destes ativos. Ele pode ser usado para justificar o orçamento da manutenção, priorizar as despesas de manutenção e prever a necessidade de adquirir novos ativos. Segundo Coullahan and Siegfried (1996), o gerenciamento

do ciclo de vida dos ativos centra-se sobre a aplicação das ferramentas de gerenciamento de três instalações básicas: custo do ciclo de vida, condições de avaliação e priorização. Para explanar melhor estes pontos iremos detalhar cada um dos itens logo abaixo.

2.3.4(i) Avaliação de Condição dos Processos

Um elemento importante do ciclo de vida do ativo é o gerenciamento sistemático através Avaliação da Condição dos Processos (Condition Assessment Surveys - CAS). O objetivo do CAS é fornecer informações completas sobre a condição de um ativo. Esta informação é imprescindível para prever os requisitos de manutenção de médio e longo prazo, projetando ou estimando vida útil remanescente, desenvolvimento de substituição e manutenção em longo prazo. O CAS também determina estratégias, planejamento futuro uso, tempo disponível de reação a danos, uma vez que em caso de reparos emergenciais, é possível determinar por quanto tempo este equipamento ficará fora dos meios produtivos e assim irá aumentar seu tempo de retorno do investimento (ROI) por sua inatividade.

O CAS é em um sistema de gerenciamento de curto prazo, utilizado normalmente para manutenção corretiva como uma estratégia de "corrigir" defeitos graves, de acordo como eles são encontrados. Como mencionado anteriormente, tais estratégias são muitas vezes míopes, em última análise não são rentáveis e não irão fornecer o valor patrimonial ideal e de uso em longo prazo. Os autores Coullahan e Siegfried (1996), incluem três etapas básicas para implementação e operação do CAS:

- ✓ Dividir os seus sistemas, componentes e subcomponentes, formando uma estrutura de divisão de trabalho - Work Breakdown Structure (WBS), que facilita a divisão de custos e tarefa de cada área envolvida.
- ✓ Identificar através do desenvolvimento de normas as deficiências que afetam cada componente da WBS e a medida destas deficiências;
- ✓ Avaliar cada componente de uma WBS em relação ao padrão estabelecido pelo fabricante do equipamento que esta sofrendo a atuação do CAS.

O CAS permite que os gestores de manutenção tenham informações analíticas sólidas necessárias para otimizar a alocação dos recursos financeiros para reparação, manutenção e substituição dos ativos. Através de um programa bem executado dentro da modelo CAS, as informações estarão disponíveis sobre as

deficiências específicas da instalação de um sistema ou componente, a extensão e cobertura dessas deficiências, e a urgência de correção.

2.3.4 (ii) Priorização

Priorizar as atividades de manutenção é fundamental para um modelo a ser aplicado, operacionalizado e estruturado nos temas que a manutenção deve abordar, em contraste para questões de manutenção quando meramente trabalham de forma reativa, ou seja quando atuam na forma de manutenção corretiva, que normalmente trabalham a curto prazo. Deve ficar claro que o gerenciamento do ciclo de vida dos ativos pode ser usado para desenvolver um esquema de priorização de acordo com os interesses operacionais e financeiros da organização, que pode ser empregado em um amplo conjunto de decisões, não apenas no financiamento da manutenção, mas principalmente nas decisões aplicadas na aviação. Podemos citar o exemplo referente ao Manual “Go–No–Go”, que pode implicar que uma aeronave poderá ficar estacionando no pátio se o problema apresentado durante uma situação de manutenção estiver relacionado neste manual operacional como item “No-Go”. Isto implica a avaliação metodológica de uma ação contra os valores e atributos, que podem determinam que, o custo operacional ou mesmo de segurança de uma aeronave no ar sem condições mínimas podem implicar em custos muitos maiores, que tanto podem ser tangíveis como perda do ativo (financeiro) ou intangíveis (imagem da organização). Mas numa situação onde se aplica o Manual “Go-No-Go”, o fator principal a ser considerado é a segurança de voo.

As metodologias de priorização normalmente envolvem um sistema de classificação numérica, para garantir que o trabalho mais importante receba a atenção por ser mais urgente, como fazemos quando na hora de colocar números nas nossas atividades prioritárias. A importância do equipamento é um elemento para alguns sistemas de classificação, pois a depender da função que ele exerce numa organização, ele passa a ser uma parte crítica da operação, como é o caso de uma aeronave. Tal avaliação deve ser imparcial e "insensível", que irá garantir que as decisões tomadas irão levar para o melhor desempenho geral de um sistema de engenharia, seja ela na aviação em qualquer segmento, ao invés de enfatizar uma das suas partes. Devemos sempre avaliar as situações onde a priorização atua com uma visão sistêmica, para que a decisão seja tomada de forma que a organização seja o foco principal. O trabalho de Manutenção Preventiva geralmente recebe uma classificação de alta prioridade.

2.3.5 Manutenção e confiabilidade no campo

A minimização ou eliminação de manutenção corretiva é importante do ponto de vista da introdução de controle estatístico de processos, identificação de gargalos em processos integrados e planejamento eficaz para uma boa estratégia de manutenção, onde a manutenção preventiva passa a ser classificada como de maior prioridade como citado anteriormente. A mudança de manutenção corretiva reativa para pró-ativas, ou seja, a aplicação da manutenção preditiva, representa um passo significativo em direção a maior confiabilidade, pois evita que a área de manutenção atue de forma emergencial, onde os custos podem sair do planejamento inicial. Porém os esforços desenvolvidos para identificar problemas antes da falha não são suficientes para otimizar os níveis de confiabilidade, uma vez que podem ocorrer falhas em materiais, erros humanos na montagem e outros fatores ambientais que nem sempre são possíveis controlar, como temperatura, humidade, etc que podem interferir na operação do equipamento. De acordo com o relatório divulgado pelo BEA (acesso em 03/08/2011), vários fatores contribuíram para o acidentado voo AF447 da Air France com a aeronave fabricada pela Airbus. Um dos fatores identificado foi o problema no Tubo de Pitot⁸, que congelou devido a altitude e temperatura no momento da tempestade que aeronave estava atravessando, gerando falhas de leitura de velocidade, fazendo a aeronave perder o referencial de sustentação devido a falta de informação para os pilotos, levando a queda da aeronave e causando a morte de todos os ocupantes. Em última análise, para maior confiabilidade, as causas de problemas de manutenção têm de ser determinados a fim de eliminá-los, ou pelo menos minimizá-los.

2.4 O Trabalho do Mecânico de Manutenção de Aeronaves

Segundo Martins (2006), o trabalho do Mecânico de Manutenção na aviação civil é fundamental para a operacionalização, a segurança e o bom desempenho das aeronaves. Nem sempre é possível vê-lo em atividade, mas a importância dessa profissão vai além do que se imagina. Segundo a ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, um mecânico na área de aviação pode ter algumas especialidades, onde ele poderá optar por uma delas a seguir:

⁸ Segundo KERMODE and BARNARD (1972), Tubo de Pitot é um instrumento de medida de pressão utilizado para medir a velocidade de fluidos, e mais concretamente a velocidade dos aviões. Deve o seu nome ao físico francês do século XVIII Henri Pitot.

- a) GMP (Grupo motopropulsor) – Esta especialidade habilita o profissional a trabalhar com todos os tipos de motores de aviação geral (convencional ou a reação), todos os sistemas de hélices e rotores, e com todos os sistemas dos grupos motopropulsores;
- b) CEL (Célula) – Trabalha com todos os sistemas de pressurização, ar condicionado, pneumático, sistemas hidráulicos. Também é nesta habilitação que o mecânico trabalha na estrutura de aviões e helicópteros em geral, ou seja, a conhecida fuselagem da aeronave;
- c) AVI (Aviônicos) - Esta habilitação permite ao mecânico trabalhar em todos os componentes elétricos e eletrônicos de aeronave, inclusive instrumentos de navegação, rádio navegação e radiocomunicação, sistemas elétricos e de radar.

2.4.1 O Ambiente de Manutenção de Aeronaves

Num ambiente normal de trabalho, há sempre a preocupação com o bem estar, uma vez que são nesses ambientes que estes profissionais passam a maior parte do tempo trabalhando. Levando em consideração este ambiente de trabalho, a Ergonomia tem várias contribuições para o bem estar do trabalhador.

Podemos notar que a Ergonomia tem um caráter interdisciplinar, que envolvem várias áreas da ciência e dos mais variados segmentos, mas todos com o objetivo de proporcionar conforto ao ser humano na execução da sua tarefa. Nosso estudo avaliou os pontos que a ergonomia atua na área de manutenção de aeronaves e para tal, algumas destas disciplinas foram destacadas, como: Anatomia, Fisiologia, Biomecânica (postura), Antropometria, Psicologia, Engenharia, Desenho Industrial, Informática e Administração.

Dentro de autores que trataram das origens da Ergonomia, Chapanis (1959), deu a seguinte contribuição em relação à aviação:

“Uma importante lição de engenharia, proveniente da Segunda Guerra Mundial, é que as máquinas não lutam sozinhas. A guerra solicitou e produziu maquinismos novos e complexos, porém, geralmente essas inovações não faziam o que se esperava delas. Tal fato ocorria porque excediam, ou não se adaptavam, às características e capacidades humanas. Por exemplo, o radar foi chamado “olho da armada”, mas o radar não vê. Por mais rápido e preciso que seja, será quase inútil, se o operador não puder interpretar as informações apresentadas na tela e decidir a tempo. Similarmente, um avião de caça, por mais veloz e eficaz que seja, será um fracasso se o piloto não

puder voá-lo com rapidez, segurança e eficiência” (Chapanis, apud Moraes et al 1989:4)

Segundo Chapanis (1959), cabe ao ser humano avaliar a informação, decidir e agir. Ao se desconsiderar os fatores humanos, têm-se como resultado as falhas dos sistemas. O projeto de engenharia pode ser eficaz, mas o desempenho não ser eficiente. Buscam-se explicações e a solução mais fácil é afirmar que a culpa é do trabalhador (a) devido a falha humana ou o ato inseguro. No entanto, acusar o trabalhador (a) de negligência, descaso, desobediência ou ignorância, não resolve e muito menos previne o problema.

Ainda segundo Chapanis (1959), engenheiros juntaram-se aos psicólogos e fisiólogos visando adequar operacionalmente equipamentos, ambiente e tarefas:

- ✓ Aos aspectos neuropsicológicos da percepção sensorial (visão, audição e tato);
- ✓ Aos limites psicológicos de memória, atenção e processamento de informações;
- ✓ Às características cognitivas de seleção de informações, resolução de problemas e tomada de decisões; e
- ✓ À capacidade fisiológica de esforço, adaptação ao frio ou ao calor, e de resistência às mudanças de pressão, temperatura e biorritmo.

Esses são apenas alguns pontos onde podemos citar os conhecimentos da Ergonomia como sendo de suma importância para o ambiente de trabalho. Se tratando da abordagem ergonômica, parte-se do princípio básico de que o trabalho deve adaptar-se ao ser humano. Através da abordagem ergonômica pode-se produzir um ambiente de trabalho mais humanizado, onde a Ergonomia procura aproveitar as habilidades mais relevantes dos trabalhadores e proporcionar um ambiente que os encorajem a desenvolver as suas atividades.

O ambiente de trabalho é constituído de duas partes distintas: a física (instalações, móveis, decoração, etc.) e a social (as pessoas que o habitam). Segundo Magalhães (1990),

Evidentemente, se tais elementos forem precários, ninguém trabalhará com moral elevado. Conforme a natureza do trabalho exigir-se-á luminosidade, temperatura, um grau de umidade diferente, o que também deverá estar de acordo com a região onde se trabalha e a época do ano. (p. 51)

Outros fatores que podem ser considerados são os referentes à arquitetura, às relações humanas, à remuneração, à estabilidade e o apoio social. A prática ergonômica pode se caracterizar por uma procura da remoção dos aspectos negativos do trabalho, capazes de gerar danos ao trabalhador e quedas no seu desempenho. Assim, focalizando a atenção no ser humano, a Ergonomia busca os aspectos da humanização do trabalho, tendo em vista propiciar-lhe condições mais agradáveis e satisfatórias para alcançar um melhor rendimento.

O *Canadian Centre for Occupational Health and Safety (1992)* pressupõe que as condições ergonômicas são inadequadas quando o trabalho realizado é incompatível com o corpo dos trabalhadores e/ou sua capacidade de continuar trabalhando, sendo que tais condições podem causar desconforto, fadiga, lesões e doenças. No entanto é possível prevenir lesões e doenças relacionadas às condições ergonômicas adequadas, desde que tanto o local quanto à organização do trabalho sejam ajustados às necessidades individuais (físicas e mentais) de cada trabalhador.

Segundo Laurell (1985), as condições de trabalho e suas patologias estão estreitamente relacionadas à organização do trabalho e ambas dependem das relações de trabalho vigentes naquele espaço social definido, refletindo valores e regras da sociedade. A Ergonomia procura conhecer o trabalho detalhado ao qual o ser humano está inserido e sua adequação ao ser humano no que se refere à saúde e desempenho.

Numa definição mais operacional, a Ergonomia analisa a atividade real, ou seja, o que, para que e como se faz. A partir dessa situação os analistas que estão envolvidos no trabalho identificam pontos críticos, inadequações e propõe mudanças na situação de trabalho. Considerando a subjetividade da impressão e percepção do trabalhador e demais fatores que permeiam o ambiente ocupacional, a depender das atividades exercidas e os locais onde estas estão inseridas, estas análises contribuem para melhorar a saúde, bem-estar e, por conseguinte, a qualidade de vida dos trabalhadores. Estas análises podem concluir ainda que o ambiente não é adequado para a atividade que foi então avaliada.

Não são apenas as condições físicas de trabalho que importam quando é feita uma avaliação. Segundo Chiavenato (2004), as condições sociais e psicológicas também fazem parte do ambiente de trabalho, ou seja, para alcançar qualidade e produtividade, as organizações precisam ser dotadas de pessoas participantes e motivadas nos trabalhos que executam e sejam recompensadas adequadamente por sua contribuição.

Podemos afirmar que o ambiente ao qual o mecânico de avião esta inserido é dos mais hostis, analisado em alguns os aspectos ergonômicos, visto que as condições ambientais como temperatura, luminosidade e principalmente o ruído, que podem chegar a 160 dB, que é o ruído emitido por alguns motores de aeronaves. Outro aspecto ergonômico a ser referenciado é o acesso a algumas partes da aeronave durante a manutenção, onde o mecânico muitas vezes trabalha em posições que além de comprometer o seu conforto físico, pode colaborar para causar uma manutenção de má qualidade e levar a resultados inesperados. Avaliando ainda os fatores psicológicos, podemos considerar a pressão que esse profissional sofre em função do tempo e da necessidade da perfeição na execução da sua tarefa, visto que o custo operacional de atraso de aeronaves é sempre alto.

2.4.2 O custo do erro de manutenção

Desde o final da II Guerra Mundial, os pesquisadores como Alphonse Chapanis e o engenheiro inglês K.F.H. Murrell, considerado o pai da Ergonomia, estudaram os fatores humanos das tarefas, bem como o controle de tráfego aéreo e questões de segurança da cabine. Já o pessoal de manutenção até então foi pouco estudado, mas não que eles não tivessem importância no processo, uma vez que eles são um dos três Pilares de Sustentação da Aviação já citados anteriormente. Estima-se que para cada hora de voo, a manutenção deve trabalhar doze horas para manter a aeronave em condições seguras de voo. Significativamente, a maior parte dos erros de manutenção pode ter graves implicações para a operacionalização segura do voo.

As estatísticas de acidentes para voos comerciais a jato mostram que a manutenção tem o fator contribuinte para acidentes e incidentes aéreos na ordem de quatro por cento, segundo dados dos órgãos de segurança e investigação de voo, como podemos citar o NTSB, ATSB, CENIPA e outros. Este é um número relativamente baixo no caso de perda por acidentes, em comparação com as ações da tripulação de voo em mais de 60% dos acidentes, segundo relatórios da Boeing (2003), além dos órgãos de segurança de voo citados anteriormente. Contudo, segundo Learmount (2004), estatísticas de causa primária tendem a subestimar a importância da manutenção como um fator que contribui para acidentes. Em 2003, a Revista Flight International informou que "as falhas técnicas/manutenção" emergiu como a principal causa de acidentes aéreos e de mortes, ultrapassando os controles aéreos, que anteriormente era a causa predominante de acidentes aéreos.

Os equívocos da área de manutenção não só representam uma ameaça para a segurança de voo, mas também pode gerar custos financeiros devido a atrasos, cancelamentos, além dos custos intangíveis da imagem da empresa. Segundo a Boeing (2008), no caso de uma aeronave de grande porte como um Boeing 747-400, um cancelamento de voo pode custar em torno de U\$ 140.000,00 , enquanto um atraso no portão de embarque pode custar uma média de U\$ 17.000,00 por hora. Neste contexto, pode ser visto que até mesmo erros simples, como pinos de travamento de roda dianteiras deixados no local exigindo um retorno ao portão, acarretam custos significativos. Mesmo uma pequena redução na frequência de manutenção, interrupções reduzidas no cronograma podem resultar em economias importantes.

2.4.3 Os fatores humanos na questão da manutenção na aviação

Os técnicos de manutenção são confrontados com um conjunto de fatores humanos únicos dentro da aviação. Eles trabalham em um ambiente que é mais perigoso do que a maioria dos outros trabalhos. Estes trabalhos podem ser realizados em altura, em espaços confinados, com alta taxa de ruído, no frio ou calor sufocante. Este tipo de trabalho pode ser fisicamente extenuante, no entanto, requer habilidades de leitura e escrita e atenção aos detalhes.

Os profissionais da área de manutenção de aeronaves geralmente gastam mais tempo se preparando para uma tarefa que propriamente na sua realização. Lidar com a documentação é uma atividade fundamental e os engenheiros de manutenção normalmente gastam mais tempo empunhando uma caneta do que segurando uma ferramenta executando a tarefa junto à aeronave.

O trabalho exige uma boa comunicação e coordenação, levando em consideração que a comunicação verbal ainda pode ser difícil devido a níveis de ruído e o uso de proteção auditiva. Este trabalho envolve frequentemente o diagnóstico de falhas e resolução de problemas na presença de pressões de tempo, especialmente com os aviões em trânsito, onde a média de tempo entre pouso e decolagem é de 30 minutos.

Os técnicos de manutenção também enfrentam muitas fontes de estresse. Controladores de tráfego aéreo e os pilotos podem deixar o trabalho no final do dia, sabendo que o trabalho do dia está completo. Na maioria dos casos, os equívocos que eles fizeram durante o seu turno terá um impacto imediato ou nenhum impacto em todos. Em contraste, quando o pessoal da manutenção deixa o trabalho no final de seu turno, eles sabem que o trabalho que será realizado de

acordo com o solicitado pela tripulação e dos passageiros, e em caso de erros, este poderá permanecer “adormecido” durante meses ou anos para o futuro. Qualquer erro que estes mecânicos cometam, seja por falta de conhecimento ou mesmo por falhas técnicas, podem causar problemas no futuro, como foi o caso do investigado pela Japanese Aircraft Accident Investigation Commission (1985), onde o Boeing 747-100 da JAL (Japan Air Lines) caiu com 520 em 1985 matando todos os ocupantes e causando o segundo maior acidente aéreo do mundo. A maior acidente do mundo ocorreu na ilha de Tenerife, onde uma aeronave da empresa KLM e outra da PAN AM se chocaram na pista fatalizando 583 pessoas . A pesquisa sobre o a acidente da JAL que teve como fator contributivo a manutenção está mais detalhado no ANEXO I.

Segundo Hobbs e Williamson (2002), tarefas de manutenção programada são tipicamente preventivas. Muitas tarefas de prevenção são realizadas regularmente, e por isso são rotinas familiares para o pessoal de manutenção. Técnicos com experiência têm uma possibilidade muito pequena de cometer equívocos relacionados com a falta de conhecimento ou habilidades em uma tarefa familiar preventiva. Discrepâncias nas tarefas de manutenção que são familiares ou rotineiras são propensas a envolver falhas no trabalho. Este tipo de falha pode ocorrer quando o profissional experiente deixa de seguir os procedimentos porque já conhece a rotina da tarefa que será executada.

As tarefas não programadas são geralmente de natureza corretiva, e são executadas em resposta a eventos não planejados, como os danos da aeronave ou falhas de componentes. Embora algumas tarefas não programadas sejam menores, estas requerem amplo conhecimento do sistema, pois se tratando de uma aeronave em transito, o mecânico está muitas vezes diante de vários sistemas que podem requerer manutenções imediatas, e este profissional tem que estar apto a atender com conhecimento necessário para fazer intervenções seguras.

2.4.4 Um modelo de acidentes e incidentes de causalidade

Os equívocos do pessoal de manutenção podem ser os aspectos mais visíveis dos fatores humanos na área da aviação, mas para entender como e porque ocorrem erros de manutenção, precisamos compreender o contexto organizacional que os problemas ocorrem. Na figura 14 temos a amostra dos principais elementos causais envolvidos em acidentes e incidentes. É uma adaptação do modelo “queijo suíço” originalmente desenvolvido por James Reason (1990), como já vimos anteriormente.

Segundo este modelo, acidentes ou incidentes são geralmente desencadeados pelas ações do pessoal operacional, tais como pilotos ou engenheiros de manutenção. No entanto, estas ações ocorrem no contexto das condições locais, tais como comunicação, condições de trabalho e equipamentos. O ambiente onde a tarefa é executada também inclui os controles de risco. Estes controles de riscos devem ser feitos através de procedimentos para verificações ou precauções destinados a gerir os riscos que ameaçam a segurança. Os controles de risco, condições locais e as ações individuais podem por sua vez ser influenciada por fatores organizacionais, tais como as políticas da empresa, recursos alocação e decisões de gestão. De acordo com a figura 14, cada vez que uma barreira é quebrada, compromete a segurança de voo, se tratando de aviação à medida que todas as barreiras caem, a probabilidade de ocorrer um acidente se torna mais eminente. Um acidente ou incidente aéreo ou de qualquer natureza dificilmente ocorre devido a um fator isolado, normalmente as barreiras de segurança vão caindo até o ponto que o acidente ocorre, como ilustrado na figura 12.

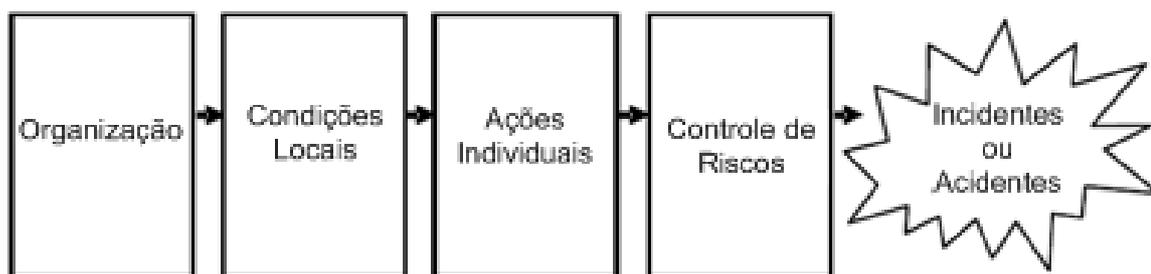


Figura 12 – Um modelo de causas de acidentes e incidentes.⁹ Fonte: Reason (1990)

A fim de compreender e evitar acidentes, é necessário traçar a cadeia de causas através de todos os elementos do sistema, incluindo os fatores operacionais, organizacionais e ambientais, além do fator humano traduzido pelas ações individuais, que normalmente é o principal causador.

⁹ The Australian Transport Safety Bureau utiliza um modelo de investigação de acidente semelhante, também com base no modelo original de James Reason, que está documentada em Walker, MB e Bills, K.M. (2008). Análise, Causalidade e Prova de Investigações Segurança (Aviation Investigação e Relatório de Análise de AR-2007-053). Australian Transport Safety Bureau: Camberra

2.4.5 As ações individuais

O erro humano é uma ameaça para quase todos os sistemas tecnológicos avançados. Segundo Reason (1990), a definição de erro humano pode ser considerada como ocasiões nas quais ocorre falha numa sequência planejada, de atividades físicas ou mentais. Segundo Hawkins (1993), estimou-se que o erro humano está envolvido em 70 por cento dos acidentes com aeronaves, bem como 80 por cento dos acidentes marítimos, e pelo menos 58 por cento dos infortúnios médicos. Segundo Leape (1994), de acordo com algumas autoridades, cerca de 80.000 pessoas morrem nos Estados Unidos a cada ano por causa de erros médicos evitáveis, portanto deve-se considerar que o erro humano é uma ameaça significativa na manutenção da companhia aérea.

Em muitos casos, os equívocos de manutenção são sintomas de problemas subjacentes no seio da organização, sejam eles administrativos ou mesmo de ordem operacional. Embora as falhas sejam eventos que não são desejadas, os erros são valiosos para identificar melhorias.

Segundo Rankin e Sogg (2003), os erros de manutenção mais comuns apontados em um banco de dados da fabricante Boeing são omissões, que cita como exemplo quando um equipamento ou as peças não foram instalados e a instalação incompleta dos componentes. Um estudo da ATSB (Australian Transport Safety Bureau), aponta os erros de manutenção mais comumente relatados como aqueles que geram problemas à navegabilidade. O erro de manutenção mais comum era a falta de comissionamento feitos após os reparos, que envolviam o funcionamento seguro dos sistemas. Os sistemas que normalmente ocorrem estes problemas são das abas ou reversores de empuxo durante a manutenção e a instalação incompleta dos componentes destes sistemas. Este tipo de erro é considerado uma omissão, de acordo com estudos de Hobbs e Williamson (2003). Uma análise de mais de 1.000 incidentes de manutenção comunicada à National Aeronautics and Space Administration – NASA (2000) e a Aviation Safety Reporting System - ASRS, revelou que o problema mais comum foi a omissão de um procedimento de serviço exigido, seguido de várias irregularidades de documentação (muitas vezes a prática de um sign-off (desligamento por uma pessoa não autorizada), e a montagem de peças erradas, ou seja, uma negligência por não ter capacidade para executar a tarefa ou mesmo por não seguir as orientações dos manuais.

As descrições físicas dos ambientes aos quais os profissionais de manutenção de aeronaves estão trabalhando podem ser úteis e, na maioria dos casos são

relativamente fáceis de descrever. Infelizmente estes profissionais que fazem manutenção nas aeronaves tem uma visão pouco abrangente quando da verificação da ocorrência de um erro. Este problema pode se revelar ainda maior, quando a avaliação é feita em um sistema mais amplo, principalmente devido à falta de visão sistêmica, ou seja, a visão do todo. Por exemplo, se a única informação que temos sobre um incidente é que um engenheiro montou uma parte errada, nós não seríamos capazes de determinar uma resposta adequada de opções de como alterar procedimentos, modificar a formação, ou redesenhar equipamento. Para identificar as causas das anomalias de manutenção envolvendo o erro humano, precisamos ter uma compreensão do pensamento da pessoa no momento do seu erro, sendo esse um dos pontos mais difíceis de aplicar quando da pesquisa no caso de um acidente aéreo. Quando começamos a avaliar as condicionantes psicológicas que levam a um erro, devemos avaliar alguns pontos que podem ser consideradas como causas de um determinado evento.

2.4.5 (i) Descrições psicológicas dos erros

Modelos de erro psicológico exigem a classificação dos erros de acordo com as intenções da pessoa no momento da sua ação. Por exemplo, ao invés de apenas concluir que um engenheiro não tenha conseguido uma conexão de canalização, nós vamos tentar compreender a sua atitude no momento do erro. Por exemplo, nós queremos saber:

Será que estes profissionais simplesmente esquecem? Será que o mecânico no momento da execução de sua tarefa pretendia deixar a canalização hidráulica solta? Estes trabalhadores assumem que um colega estava indo para completar a tarefa?

Obviamente, nunca poderemos saber ao certo o que uma pessoa estava pensando, mas geralmente podemos fazer julgamentos razoáveis.

Uma vantagem psicológica das descrições é que elas nos permitem colocar o erro no seu contexto organizacional para aplicá-la dentro do contexto operacional. Após estas análises, poderão ser desenvolvidas contramedidas acertadas para as causas do problema. Por exemplo, se concluir que alguém não executou uma ação necessária porque eles esqueceram, podemos considerar as instruções disponíveis na documentação para execução desta tarefa por este profissional estão inadequadas. Podemos também considerar o que poderia ser feito no futuro para controlar e evitar lapsos de memória semelhantes. Por outro lado, podemos

concluir que uma pessoa que não executa uma ação necessária, porque pensava que o procedimento não exigia, nos leva a concluir que, ou este profissional foi negligente ou a documentação não está adequada. Uma investigação sobre este evento poderia levar-nos a questões organizacionais, tais como projeto de formação ou de procedimento. Segundo Hobbs (2008), podemos considerar pelo menos seis tipos de erros psicológicos relevantes para a manutenção que são: erros de percepção, lapsos de memória, deslizos, suposições erradas, equívocos técnicos e violações de procedimento. Estes erros estão descritos à seguir:

a) Erros de percepção

Tipo de Erro: Percepção do Erro

Comportamento após o erro:

“Eu não vi isto” ou “Não tinha nenhum aviso diferente”

Os erros de percepção são falhas para detectar um item fundamental do trabalho que a pessoa deve ter plenas condições de perceber e não foi capaz. Na manutenção, o item pode ser um pneu gasto, uma visível falha estrutural ou rachadura em uma estrutura metálica, ou um obstáculo no caminho de uma aeronave em reboque.

Esses erros são particularmente importantes nas tarefas de inspeção de manutenção, como ilustrado pelo exemplo seguinte:

“Depois de estar de plantão durante 18 horas consecutivas fazendo horas extras, o trabalhador foi realizar de uma inspeção geral em um motor que estava com 2.200 horas de operação. Ele não percebeu problemas evidentes nos dutos internos de fluxo de ar condicionado. Os danos foram encontrados mais tarde, quando outro defeito estava sendo investigado.”

Apesar do avanço das técnicas de avaliação não-destrutivas como o Raio-X e Ultra Som de controle, a inspeção visual ainda é o método de detecção de defeitos nos aviões mais comumente usado. Uma compreensão das limitações da visão humana pode ajudar a garantir que as inspeções são realizadas eficazmente. Uma limitação fundamental é que nós percebemos apenas uma pequena parte central do campo visual em detalhes finos e com cores. A acuidade visual cai drasticamente apenas alguns graus de distância da nossa

linha de visão, e a probabilidade de detectar um defeito, como uma fissura ou uma rachadura diminui se não é olhado diretamente. Segundo Ostrom e Wilhelmsen (2008), a Curva de Probabilidade de Detecção, como a mostrada na figura 13 têm sido utilizada para estimar as chances uma rachadura que será visível a um inspetor. Para que a fissura seja notada de forma visual, se faz necessário que os olhos do inspetor estejam numa distância mínima, a depender da largura desta fissura. Conforme demonstrado no estudo representado pelo gráfico, existe a probabilidade de 90% do olho humano detectar uma fissura de 0,92". Se avaliarmos este dado quando se trata de uma aeronave que esta em pleno voo, com sua pressurização de cabine máxima, caso uma fissura não seja detectada, poderão ocorrer acidentes como o ocorrido em abril de 1988. Um Boeing 737-200 da Aloha Airlines em rota de Hilo, Havaí, Honolulu, que devido a falhas estruturais, perdeu parte da cabine, conforme iremos detalhar no item 3.9.3.

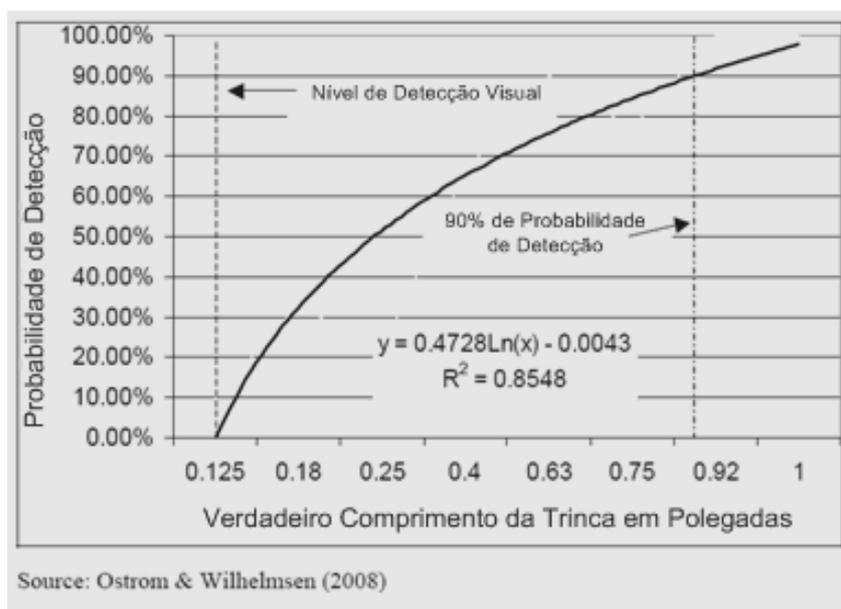


Figura 13 – Curva de Probabilidade de Detecção mostrando comprimento de uma fissura em polegadas. Fonte: Ostrom e Wilhelmsen (2008)

A capacidade dos inspetores para detectar falhas nas estruturas metálicas é relativamente bem aceita nos meios da aviação através da inspeção visual. Porém os aviões da nova geração estão sendo construídos cada vez mais a partir de compostos materiais, onde a probabilidade de detectar uma falha de forma visual devido à composição dos materiais é muito pequena. Ao contrário de fissuras em metais, que normalmente são visíveis a olho nu, falhas em compostos não começam necessariamente como pequenos defeitos. Estes defeitos podem vir a crescer em um ritmo previsível, detectável pelo inspetor. O inspetor pode ser

exigido para detectar desconexões, furos, saliências, ou engrenagens que poderiam ser sinais de uma futura falha repentina na estrutura da aeronave.

Nem todas as inspeções são visuais, normalmente o toque é um dos testes mais simples que podem ser utilizados durante a inspeção, como no caso de inspeção em um pneu através de técnicas para materiais compostos. Dependendo da batida com um pequeno objeto ou mesmo com uma ferramenta, é possível se detectar mudanças de tons e a partir daí fazer uma avaliação mais detalhada. Este método é amplamente utilizado em estruturas que têm núcleos ocultos. Para a técnica funcionar, o inspetor deve ter uma boa audição e estar em um ambiente longe do barulho. No entanto, os aeroportos são locais ruidosos e a perda auditiva induzida pode ser um problema particular para as pessoas que trabalham perto de aeronaves.

b) Lapsos de memória

Um dos erros mais comuns em incidentes de manutenção é a falha de memória. Muitas vezes não esquecendo coisas passadas, mas muitas vezes o técnico se esquece de executar uma ação que tinha planejado realizar, porque deixou para um momento posterior. Segundo Hobbs, A. (2008), os psicólogos referem-se à memória de intenções como a memória prospectiva. Segundo Ferrari (1997), memória prospectiva pode ser definida como outra forma de memória de longa duração, pois envolve reter informações por longo período de tempo. Ela compreende a capacidade de uma intenção, uma lembrança para agir, de administrar as contas, tomar remédios e telefonar para alguém em determinado horário. Esta memória depende da independência da pessoa e da orientação temporal. Estudos mostram que os idosos apresentam dificuldades na memória prospectiva quando a ação prospectiva é indicada pelo tempo. A falta de atenção também é apontada como causa das alterações neste tipo de memória na idade avançada, além de poder ser influenciada por fatores como ansiedade, estresse e declínio cognitivo. Os déficits de memória prospectiva podem ser atribuídos à falta de estímulos e a recursos do ambiente.

Para melhor ilustrar estes lapsos de memória, segue um exemplo comum quando o mecânico relata que se esqueceu de restabelecer um sistema desligado após a conclusão de uma tarefa, e deixando uma tampa de óleo frouxa. Esta falha, se não descoberta a tempo, poderá acarretar na perda ou falha de um motor durante a decolagem ou mesmo em pleno voo.

Falhas de memória prospectiva são particularmente prováveis quando uma tarefa de manutenção foi interrompida e tem de ser continuada em um momento posterior. Os fatores mais comuns que desencadeiam as falhas de memória prospectiva são chamados de rupturas nas tarefas, enquanto o equipamento não está operacional ou a necessidade de deixar uma tarefa incompleta para atender a uma tarefa mais urgente. O relatório de incidente a seguir ilustra uma falha de memória típica durante a execução de uma tarefa de manutenção.

“Durante a realização de uma caminhada em volta da aeronave, foi percebido que a estrutura do trem de pouso do nariz parecia menor em extensão do que o normal. Foi decidido pelo mecânico instalar no nariz da aeronave um pino de travamento por uma precaução adicional de segurança para evitar que o nariz viesse a cair durante o reparo. Após a conclusão do serviço, o técnico começou a arrumar os equipamentos utilizados durante a execução da tarefa. Durante o processo de finalização da tarefa, outro técnico perguntou se ele poderia ajudar no deslocamento de outra aeronave que estava estacionada em outro portão da pista. Por sua vez, o técnico se esqueceu de remover o pino de segurança que ele havia instalado na execução de sua tarefa. Sendo assim, a aeronave foi liberada e logo após a decolagem o piloto informou que o sistema de recolhimento do trem de pouso de nariz estava inoperante. A aeronave teve que retornar ao pátio para verificação do problema onde foi detectado o pino de travamento ainda estava no trem de pouso do nariz.”

As pessoas têm boas memórias de acontecimentos passados, mas normalmente não têm boas memórias prospectivas. Segundo Ferrari (1997) a memória prospectiva também parece mostrar diminuições acentuadas com idade por motivos já conhecidos pela ciência. Há evidências de que em manutenção aeronáutica, fadiga e turnos têm particularmente fortes efeitos sobre a memória prospectiva. Ainda segundo o autor, a taxa de lapsos de memória dos técnicos de manutenção atinge um pico entre 3 e 4 horas da manhã.

c) Deslizes

É considerada como deslize uma falha ocorrida durante a execução de uma tarefa considerada familiar, onde seu executor tem todas as habilidades necessárias. Segundo Reason (1990), este deslize é baseado em uma ação em um momento ou lugar onde a ação não foi planejada. Muitos deles envolvem as tarefas de manutenção de rotina e atividades tais como verificação de pressão de

ar, abertura ou fechamento da capota, além do chamado *lockwiring*¹⁰. Uma vez que estas tarefas vão sendo realizadas, muitas vezes elas começam a envolver sequências de execução, onde as habilidades automáticas inconscientes estão fora do consciente, como ligar a seta de um carro ou fechar a porta de um compartimento da aeronave após o acesso para manutenção ou inspeção. Estes deslizes muitas vezes são fragmentos de ações de rotina do comportamento ou simplesmente realizada no contexto errado ou no objeto errado. Por exemplo, um engenheiro de manutenção de helicópteros relatou que:

“Sem observar no contexto da situação que estava ao meu redor, fui limpar o óleo com um pano. O pano foi ingerido na admissão do motor, que estava em funcionamento, causando DOE (dano por objeto estranho), comuns quando turbinas sugam objetos estranhos nas pistas dos aeroportos.”

Deslizes na manutenção também podem ocorrer quando se lida com a parte burocrática, como a assinatura "automática" feito em um documento cuja tarefa ainda não foi executada.

d) Suposições erradas

Uma hipótese ocorre quando a pessoa identifica erroneamente uma situação familiar, e não consegue verificar se o seu entendimento da situação é correto. Um erro comum desse tipo ocorre quando um mecânico supõe erradamente que outro membro da equipe esta executando uma das etapas de uma determinada tarefa de forma correta. Por exemplo, um técnico de elétrica pode presumir que um colega geralmente desconecta o suprimento de energia, quando será executada a manutenção elétrica em algum ponto da aeronave, e sem conferir, ele acredita que este desconectou a suprimento elétrico. Problemas ocorrem normalmente em situações em que a pessoa tem a experiência necessária para lidar com a tarefa, porém por algum motivo não a executou corretamente. Embora a percepção de erros, lapsos de memória e os deslizamentos são erros de ação execução de uma determinada tarefa rotineira, suposições erradas podem ocorrer na fase de planejamento de ações. As ações envolvidas em um erro de pressuposto ocorrem, apesar de equivocadas por se tratar que “alguém” achou que “alguém” fez. Por exemplo, um engenheiro não verifica a posição da alavanca de Flap antes de fechar o disjuntor de energia elétrica no cockpit, que fornece energia elétrica para uma bomba hidráulica. Quando o comando de flaps é

¹⁰ Travamento de portas de acesso de compartimentos e porcas através de um fio de aço.

acionado e a bomba hidráulica inicia sua operação, os flaps começam a retrair automaticamente. Isso poderia causar danos à aeronave, ou causar um acidente com os outros trabalhadores na área.

e) Equívocos técnicos

Equívocos técnicos são os erros em que os engenheiros não possuíam os conhecimentos necessários, ou não tinham consciência de onde encontrar as informações que eles necessitavam. Esta é a mais provável de ocorrer quando uma pessoa está realizando uma nova tarefa ou em situações não rotineiras.

Segundo Hobbs e Williamson (2002), uma análise das atividades do pessoal de manutenção de linha indicaram que eles gastaram entre 15 e 20 por cento do seu tempo realizando tarefas consideradas em série que nunca havia realizado antes. Normalmente, uma pessoa que efetuou um equívoco técnico diz que não sabia sobre um processo ou que foi confundido com outra tarefa. Um engenheiro de manutenção em uma companhia aérea dos Estados Unidos relatou o seguinte sobre um mal-entendido aos técnicos da ASRS (Aviation Safety Reporting System):

“Eu fui para outro hangar para pedir a outro mecânico se ele poderia me mostrar como fazer a manutenção de uma unidade de velocidade constante em uma Aeronave Boeing Modelo 727. Ele mostrou-me onde era para ligar a linha de assistência de manutenção para a unidade de velocidade constante e disse-me onde encontrar no carro de manutenção os materiais para execução da tarefa de manutenção da unidade de velocidade. Sobre o carrinho de manutenção tinha uma fita laranja que dizia “Mobil II Oil Eng”. Então eu peguei o carrinho e me dirigi para atender a unidade de velocidade constante. Mais tarde, o mesmo engenheiro que eu tinha pedido a ajuda me disse que eu tinha usado o óleo errado”.

f) Violações de procedimento

As violações de procedimentos recebem uma alta taxa de críticas que muitas vezes comprometem a segurança, muitos destes devido ao comportamento dos técnicos durante a execução das tarefas de manutenção em vários domínios, principalmente nas áreas de produção de petróleo, transporte ferroviário e medicina. Segundo Mason (1997), as violações podem ter tido influência em 70 por cento dos acidentes em algumas indústrias. Um hangar de aviação é uma

área altamente regulamentada no que diz respeito à forma de se executar os trabalhos. Espera-se que os engenheiros designados a executar alguma tarefa de manutenção cumpram os requisitos legais, leitura e procedimentos nos manuais de manutenção do fabricante, os procedimentos das empresas e as normas não escritas de comportamento seguro, mas que normalmente são considerados importantes. Como resultado, as violações de procedimento são disseminadas nos meios de manutenção, como violação de procedimentos ou mesmo de execuções incorretas das etapas determinadas nos manuais.

Segundo McDonald, Corrigan, Daly e Cromie (2000), um estudo sobre o desempenho normal de trabalho dos engenheiros de aeronaves na Europa constatou que 34 por cento reconheceram que a sua tarefa mais recente foi realizado de maneira que violaram os procedimentos formais. Violações ou os chamados atalhos de procedimentos ficaram em segundo lugar como causadores de incidentes frequentemente relatados.

Segundo Hobbs e Williamson (2000), em um estudo feito na Austrália com os engenheiros de manutenção de aeronaves licenciados pelas companhias, em primeiro lugar como causador dos incidentes na área de manutenção foram os lapsos de memória. Mais de 30 por cento relataram que tinham assinado a conclusão de uma tarefa antes que a mesma fosse concluída, e mais de 90 por cento relataram ter feito uma tarefa sem as ferramentas ou equipamentos corretos, segundo esta mesma pesquisa. Na maioria destes casos, o engenheiro poderia provavelmente ter justificado as suas ações. Não obstante, cumpre destacar que as respostas foram divergentes entre os procedimentos formais e desempenho de tarefas reais, ou seja, em alguns casos as tarefas acabaram não sendo executadas. Segundo Hobbs (2008), dois tipos de violações podem ser identificados, as violações de rotina e as violações excepcionais.

Violações de rotina são os desvios diários que se tornaram parte do normal da maneira de trabalhar como por exemplo, utilização de ferramentas inadequadas, fazer manutenção na asa de uma aeronave sem isolar a área ou ainda dirigir alguns quilômetros por hora acima da velocidade limite. Violações comuns de rotina não incluem referências à documentação aprovada de manutenção. Normalmente se abrevia as etapas dos procedimentos, ou seja, buscam formas alternativas de executar suas tarefas buscando fontes informais de informação, os chamados "livros negros"¹¹. Violações como essas não são exclusivas para a área de manutenção de companhias aéreas. A figura 14 mostra os resultados de um

¹¹ *Livros Negros ou Black Books, conhecidos por fornecer procedimentos alternativos para execução de determinadas tarefas na área de manutenção.*

amplo levantamento de técnicos de manutenção de avião e mecânicos de locomotiva, segundo Hobbs (2007).

A figura 14 faz um comparativo entre os mecânicos de locomotivas e os mecânicos de avião no que diz respeito a violações de procedimentos. Como pode ser visto na figura 14 cerca de 50% dos técnicos de manutenção de avião nunca violaram os procedimentos, mas em compensação temos um percentual de quase 20% o fazem pelo menos uma vez por mês e cada seis meses alcança o percentual de 50%.

No caso dos mecânicos de locomotivas, o percentual semanal chega a alcançar quase 30%, e considerando que a soma a cada 6 meses chega a 70%, este é um número substancial e que chama à atenção nestes estudos.

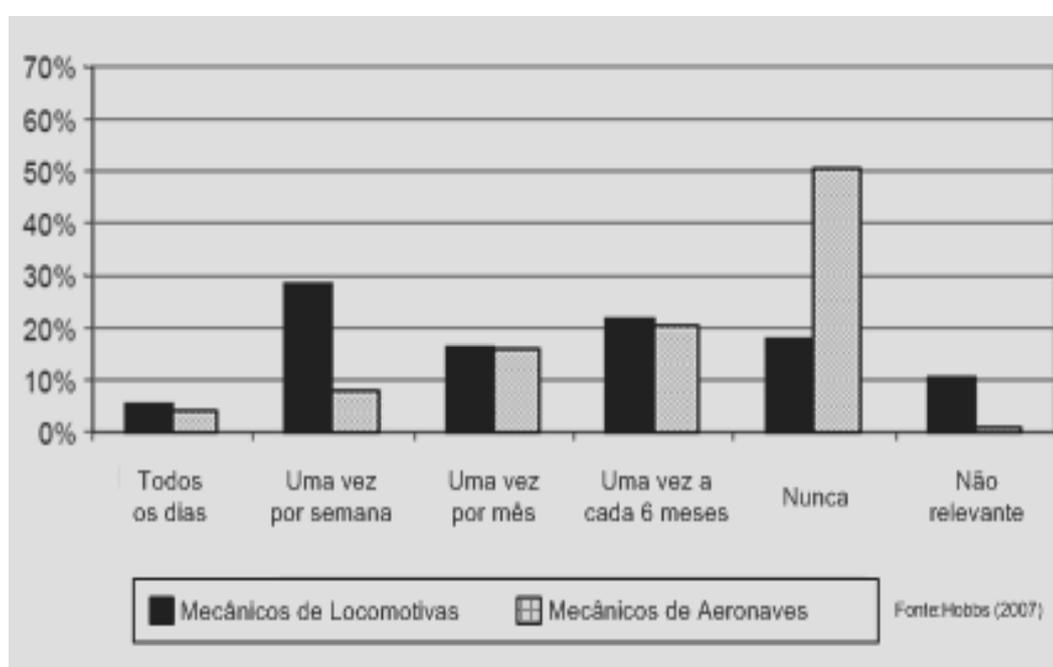


Figura 14 – Relação de utilização de fonte informal de dados, ou "livros negros", amplamente utilizados na manutenção. Fonte Hobbs (2007)

Estes profissionais de manutenção relataram ter usado o chamado "livro negro" nos últimos seis meses de forma que esta pode ser considerada uma prática comum entre estes profissionais pesquisados. Segundo Hobbs (2008), em muitos casos, a administração está ciente de que as violações de rotina estão ocorrendo, mas assim mesmo toleram porque o trabalho feito desta forma disponibiliza o equipamento mais rapidamente para suas atividades operacionais.

Violações excepcionais são menos comuns do que as violações de rotina, e tendem a serem as respostas às circunstâncias incomuns. Elas são muitas vezes tentativas bem-intencionadas para continuar trabalhando, apesar dos problemas, tais como a falta de documentos, a falta de peças, pressão ou cronograma. Uma

das razões mais comuns para as violações excepcionais é a pressão de gestão, como ilustra o seguinte incidente relatado pela ASRS (Aviation Safety Reporting System) e NASA (2000).

“Um Airbus A320 chegou a nossa base, com o trem de pouso de nariz totalmente estendido. A história mostrou a condição idêntica na base anterior, em que um "serviço rápido" foi executado. O manual de manutenção requer um serviço completo com a oportunidade de manutenção seguinte, sendo que a aeronave estava programada para este serviço em nossa base, uma vez que o voo estava atrasado para o serviço de suporte. Eu e mais um engenheiro mecânico acreditávamos que um serviço completo era exigido, mas o gerente de manutenção da base insistiu em apenas executar um serviço rápido. O suporte foi mantido com nitrogênio e, em seguida, liberado e despachado.”

Segundo Hobbs e Williamson (2002), há evidências de que os engenheiros que violam os procedimentos frequentemente estão em maior risco de se envolver em um incidente de manutenção do que aqueles que aderem mais aos procedimentos. Violações podem definir o cenário para os acidentes, aumentando a probabilidade de erro, ou reduzindo a margem de segurança, e dando maiores possibilidades de ocorrência de falhas. Por exemplo, a omissão de um teste de funcionamento após a conclusão dos trabalhos de manutenção não pode por si só, levar a um problema, mas pode permitir a detecção prematura de um problema originada devido à manutenção.

Segundo Hobbs (2008), a questão das violações dos procedimentos de manutenção é um dos mais difíceis problemas de fatores humanos atualmente enfrentados pela indústria da aviação. No entanto, muitos profissionais da aviação que estão fora da área de manutenção não têm conhecimento do problema, ou então fazem uma simples abordagem moralista quando ouvem, à medida que os trabalhadores de manutenção de rotina desrespeitam os procedimentos para realizar tarefas. O pessoal de manutenção é frequentemente confrontado com um duplo padrão de desempenho da tarefa. Por um lado, espera-se cumprir um vasto conjunto de normas e procedimentos, estando também prevista para executar as tarefas com rapidez e eficiência.

2.5 Condições Locais

Segundo Hobbs (2008), as ações individuais que levam a incidentes de manutenção muitas vezes refletem as condições locais presentes no local no momento da ação. Identificar com precisão a natureza de um erro e as condições

locais quando investigado, é um passo crítico no sentido de identificar como o sistema pode ser melhorado para evitar que o problema ocorra novamente. Alguns dos mais frequentes erros nos meios de trabalho em condições de manutenção são descritos nas seções seguintes:

a) A pressão exercida pelo tempo

Os atrasos causados às aeronaves por manutenção pode impor custos significativos para os operadores, como citado anteriormente em um relatório da Boeing (2003), a maioria dos trabalhos de manutenção é realizado sob restrições de tempo. Embora a pressão do tempo seja um aspecto inevitável das operações das aeronaves, o pessoal de manutenção por vezes tem dificuldade em lidar com as pressões impostas pelos tempos da partida da aeronave e os horários de manutenção.

A pressão do tempo é particularmente susceptível de conduzir a lapsos de memória e violações processuais, como o caso de um engenheiro que usa um procedimento de atalho para habilitar uma aeronave a fim de evitar atrasos. No exemplo a seguir, retirado da ASRS (Aviation Safety Reporting System), um engenheiro relatou que a pressão do tempo levou-o a continuar a trabalhar, apesar de ser incapaz de ver devido ao fluido hidráulico em seus olhos.

“Fui notificado pelo pessoal de controle de manutenção que a válvula de corte hidráulico removido de um Fokker 100 era o mesmo número de série na etiqueta de peças novas. Ele disse que o avião tinha falhado novamente devido a problemas no flap, que tinha um longo histórico de relatos. Tirei a válvula da aeronave e no início da execução da tarefa meus olhos tinham sido atingidos pelo óleo hidráulico Skydrol 500 e fiquei sem enxergar por aproximadamente 30 minutos. Eu tentei continuar trabalhando, porque o tempo era curto e eu precisava terminar o trabalho mais rápido possível. A válvula antiga foi reinstalada de volta no avião e foi feito um teste onde não foi constatada nenhuma falha.”

b) Os procedimentos de manutenção e documentação

Manutenção de aeronaves é fortemente dependente dos procedimentos documentados. Segundo a FAA (Federal Aviation Administration), o pessoal de manutenção da aviação gasta entre 25 e 40 por cento do seu tempo para tratar de documentação de manutenção, onde a deficiência desta documentação é uma

das principais causas de incidentes de manutenção. Procedimentos de manutenção deficientes podem levar a uma série de erros, incluindo lapsos de memória, erro técnico e violações de regras.

Quando se trata do conteúdo dos manuais de manutenção, manuais de reparo estrutural e de outros documentos como a lista mínima de equipamentos, o problema principal geralmente não são imprecisões ou erros técnicos. Segundo Hobbs (2008), um levantamento com técnicos de manutenção nos Estados Unidos, onde os inquiridos raramente, ou nunca, encontram erros nos manuais de manutenção. No entanto, ocorreram outros problemas com o conteúdo dos procedimentos documentados de acordo com a pesquisa. Apenas 18 por cento daqueles que retornaram a pesquisa concordaram com a afirmação: *"o manual descreve a maneira mais fácil de fazer um procedimento"*. Apenas 13 por cento concordaram com a afirmação *"o escritor manual entende como eu faço a manutenção"*. Segundo Chaparro e Groff (2003), a maioria dos entrevistados relatou que eles superaram a difícil tarefa de seguir os procedimentos consultando colegas ou encontrando seu próprio caminho através de procedimentos impraticáveis ou inábeis, é uma das razões mais comuns para as violações processuais. Segundo McDonald, Corrigan, Daly, e Cromie (2000), as razões mais comuns para as violações processuais dadas por técnicos de manutenção de companhias aéreas europeias era que havia um caminho mais fácil ou mais rápido do que os procedimentos formais apontado nos manuais, ou que o procedimento não era claro o suficiente.

Há um grande potencial para redução da distância entre aqueles que escrevem publicações técnicas e os que realizam os procedimentos. Alinhando a documentação com a forma como as tarefas são realmente feitas (que seja segura e prática para executar) pode ser um dos mais úteis fatores de intervenções humanas que podem ser feitas em um nível organizacional. A ergonomia tem muito a contribuir quando da elaboração dos manuais de procedimentos de manutenção, visto que a ergonomia faz a análise da tarefa e consegue relatar cada etapa da tarefa. Estas análises levam em consideração todos os pontos que relacionamos pela interdisciplinaridade do item 2.4.1 na página 55.

Segundo pesquisa de Hobbs (1999), em muitos casos, a única comunicação entre pilotos e engenheiros de manutenção é feita através do diário de bordo de aeronaves. Em um levantamento do setor regional aéreo australiano, o pessoal de manutenção relatou que a informações descritas pela tripulação eram deficientes e não eram muitas vezes úteis na identificação do problema. Em outras ocasiões, os pilotos australianos reconheceram que eles registravam as

anomalias com deficiências em pedaços de papel soltos, ou então faziam relatos verbais ao pessoal de manutenção, em vez de documentar o problema.

Em um estudo recente, segundo Munro, Kank and Jordan (2008), os pilotos e engenheiros de manutenção de duas transportadoras aéreas dos Estados Unidos foram questionados sobre a utilização do diário de bordo de aeronaves. Os resultados indicaram uma separação distinta entre os dois grupos de acordo com o perfil de cada um. Os engenheiros informaram que frequentemente queriam mais informações dos relatos efetuados pelos pilotos no diário de bordo, e os pilotos por sua vez, ainda não estavam satisfeitos com o nível de detalhe que a manutenção descrevia suas atividades no diário de bordo. Uma queixa comum dos engenheiros foi que os pilotos fazem relatos no diário de bordo, no qual um componente é descrito simplesmente como "INOP" (inoperante) sem mais detalhes. Um achado particularmente intrigante foi quando os dois grupos foram solicitados a indicar como estavam fazendo relatos no diário de bordo. Concluiu-se que o grupo dos engenheiros e os pilotos tinham perspectivas muito diferentes. Os pilotos relataram que fizeram as anotações no diário de bordo para fornecer informações ao pessoal de manutenção, seguido por outros tripulantes e, em seguida, à empresa, nessa ordem. Os engenheiros, por outro lado, consideraram que os relatos no diário de bordo foram feitos inicialmente para o controlador, e só então para pilotos e o pessoal de manutenção que poderiam interpretar as informações.

c) Equipe de Trabalho

Difícilmente um trabalhador que executa tarefas na área de manutenção consegue trabalhar completamente sozinho e com êxito total, normalmente devem executar suas tarefas com outro pessoal operacional. Problemas de coordenação, tais como mal-entendidos, comunicações ineficazes e suposições incorretas são as causas de muitos incidentes na área de manutenção. De acordo com a pesquisa de Predmore e Werner (1997), realizada em uma companhia aérea dos Estados Unidos, os engenheiros de manutenção identificaram comunicação e "as habilidades das pessoas", como as questões mais importantes para trabalho. O relatório de incidentes a seguir ilustra uma dificuldade de comunicação que envolve suposições implícitas:

“Dois técnicos estavam despachando a aeronave e o pino de travamento da direção do pino do trem de pouso do nariz foi deixado no local. Esta é uma tarefa repetitiva de manutenção, e ambos assumiram que o outro tinha retirado

o pino do local. O avião começou a taxiar, mas parou devido a falta de dirigibilidade pelo piloto. Logo após a retirada do pino, a operação do sistema voltou ao normal e o avião foi liberado.”

A figura 15 apresenta um modelo simples de comunicação. O tamanho relativo das áreas no diagrama é apenas para fins ilustrativos. Erros de comunicação podem assumir a forma de mensagens enviadas, mas não recebidas por “C” ou mensagens recebidas, mas não enviadas por “A”. Uma comunicação eficaz é representada pela área “B”, onde se faz uma checagem da comunicação para evitar falhas. O processo de comunicação ocorre em um contexto de ruído, onde outros sons circulam no meio, mas também outros impedimentos de comunicação, tais como habilidades de fala obscura ou má audição. Segundo, Kirwan (1994), a taxa de erro de comunicação verbal em ambientes industriais tem sido estimado em cerca de 3 por cento. Quando consideramos o número de mensagens verbais que ocorrem em uma instalação típica de manutenção no curso de um dia, é evidente que a falta de comunicação constitui uma ameaça quase constante com a qualidade da manutenção.

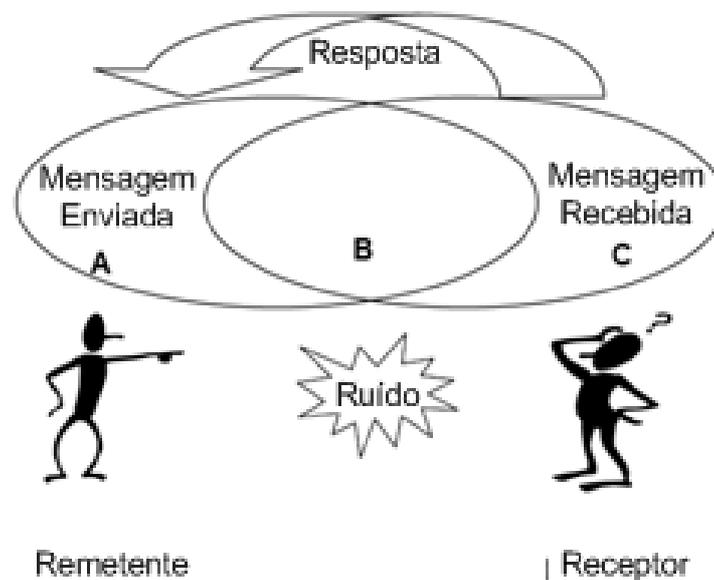


Figura 15 – Um modelo de comunicação. Fonte: Hobbs (2008)

Todos os participantes da comunicação, seja o remetente e o receptor de uma mensagem, têm que ter responsabilidades para assegurar que a comunicação é eficaz. Os remetentes podem ajudar a colocar-se junto do receptor e perceber que o receptor teve a compreensão diferente da tarefa. O receptor da mensagem deve evitar a escuta passiva, e pode ajudar a comunicação, fornecendo respostas

ativas, tais como parafraseando a mensagem e esclarecer as áreas de incerteza. Uma técnica muito utilizada é o eco, que utiliza a repetição feita pelo receptor como forma de confirmação da mensagem.

Uma grande parte da comunicação ocorre através de sinais não verbais, tais como a linguagem corporal ou o tom de voz. Particularmente sob pressão de tempo ou esforço, podemos ver ou ouvir o que nós esperamos mais do que o que realmente está ocorrendo. O incidente de manutenção reportado pela ASRS (Aviation Safety Reporting System) e NASA (2000) ilustra o problema da linguagem do corpo mal interpretado.

“O manual de voo da aeronave manual e o manual de operações de piloto, foram retirados da aeronave e colocados numa mesa dentro do hangar. O piloto checkou os dois manuais na mesa observando se eles tinham sido atualizados. Depois de alguns minutos eu voltei para o hangar onde eu vi a porta da cabine que estava sendo fechada e travada por um dos tripulantes do interior da aeronave. Lembro-me olhando para a mesa e lembrar de ter visto os manuais, porém os mesmos não estavam no local, sugerindo que a tripulação havia feito com eles, no caso os transportados para dentro da aeronave. Só depois que eu notei que os manuais se encontravam em cima de uma cadeira.”

Há margem para melhorar as habilidades de comunicação e coordenação com o pessoal de manutenção. Segundo Hobbs (2008), John Goglia, um técnico de manutenção e um ex-membro do conselho NTSB dos Estados Unidos constatou que *“com o seu foco de engenharia, gestores e técnicos de manutenção possuíam habilidades altamente técnicas, mas às vezes faltam as habilidades de comunicação para garantir a segurança nas operações complexas de hoje. O que é necessário é um melhor equilíbrio de competências técnicas e habilidades sociais”*. Como nós podemos avaliar na próxima seção, a necessidade de desenvolvimento das habilidades sociais, envolvendo a comunicação entre as pessoas, principalmente quando da passagem de turno, cuja necessidade de interação se torna um fator relevante no caso da manutenção de aeronaves.

d) Passagem de turno

Muitas tarefas de manutenção requerem procedimentos para transmissão de suas tarefas, onde muitas vezes estas tarefas não podem ser concluídas em um

único turno. Os técnicos de manutenção de aeronaves frequentemente pegam trabalhos em curso por parte dos colegas, e passam o trabalho incompleto para uma mudança de equipe. A necessidade de precisão e eficácia, a transferência de informação, em muitos casos, sem ter tempo de ter uma reunião para passagem do serviço, é um aspecto crucial do trabalho de manutenção.

Segundo Kirwan (1994), os erros na passagem de turno podem ser particularmente perigosos, como mostrado em um acidente envolvendo uma aeronave Brasília-EMBRAER da Eagle Lake, em 1991 no Texas, que resultou em 14 mortes. Na noite anterior ao acidente, o trabalho de manutenção foi realizado que envolveu a remoção de parafusos na superfície superior esquerdo da cauda da aeronave Brasília. No entanto, o trabalho só foi parcialmente concluído, quando ocorreu uma mudança de turno e nenhum registro foi feito para mostrar que a tarefa tinha sido iniciada. Os técnicos de manutenção do turno que entraram assinaram a liberação do avião para voltar ao serviço, sem saber que os parafusos que estavam faltando eram cruciais da cauda do avião. A borda de ataque do estabilizador horizontal esquerdo se separou da aeronave em voo, que causou a queda da aeronave e a morte de todos os ocupantes.

Segundo Hobbs (2008), quatro tipos de passagem de turno podem ser identificados, conforme ilustrado na figura 16. Em cada caso, a transferência é indicada por uma linha vertical. A mudança de saída é indicada pela seta à esquerda, e o deslocamento de entrada é indicado pela seta à direita. A passagem de turno ou troca de mãos da tarefa são muitas vezes centrados na transferência de informação do deslocamento de saída para o deslocamento de entrada, no entanto as entregas são também uma oportunidade para rever o progresso de tarefas e capturas e corrigir erros.

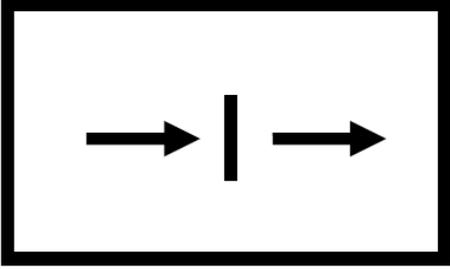
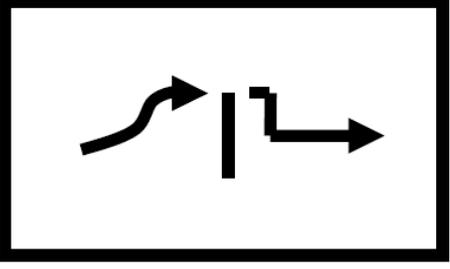
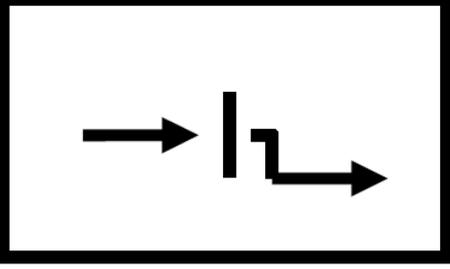
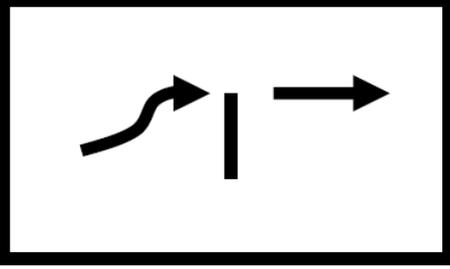
I. Troca de turno Tipo I	
	<p>Esta é a passagem de turno ideal, onde a tarefa está a decorrer normalmente antes da entrega e continua a decorrer normalmente, após a entrega.</p>
II. Troca de turno Tipo II	
	<p>Embora a troca de turno crie desafios para a comunicação, eles também oferecem oportunidades para detectar e corrigir erros. A transmissão é do tipo II, onde a tarefa foi fora da pista durante o primeiro turno, mas a entrega é uma oportunidade para identificar o problema e corrigi-lo.</p>
III. Troca de turno Tipo III	
	<p>Neste caso, a tarefa foi executada corretamente pelo primeiro turno, no entanto, um problema começou quando o segundo turno assumiu. Um exemplo é um caso em que o primeiro turno ter removido um componente defeituoso para substituição e deixou o componente da aeronave no final do turno com problemas. Em vez da ordenação e instalação de um componente operacional, o segundo turno em seguida, foi reinstalar o componente defeituoso, não percebendo que tinha uma informação sobre o problema anexado.</p>
IV. Troca de turno Tipo IV	
	<p>No presente caso, um erro foi feito no primeiro turno, e depois continuada pelo pessoal do segundo turno. Um nível saudável de ceticismo poderia ter ajudado a garantir que a mudança de entrada, com a análise do trabalho da mudança de saída e fazer suposições quanto possível sobre o estado da tarefa.</p>

Figura 16 – Tipos de troca de turno. Fonte: Hobbs (2008)

Segundo Parke e Kanki (2008), é recomendado que seja feita uma reunião pelas pessoas que fazem o trabalho durante a passagem de turno, em vez de notas verbais filtrados através de uma ligação por turnos, como é o caso atualmente nas instalações de muitas empresas durante a troca de turno de manutenção. Reuniões pessoais durante a troca de turno é um procedimento operacional padrão em muitas indústrias de alto risco, tais como a energia nuclear, petróleo em alto mar, e controle de tráfego aéreo, ainda são relativamente raras em manutenção de aeronaves. Em muitos casos, o conteúdo de informação da transferência, quer através de documentos ou interação por reuniões pessoais, se limita a descrever os passos da tarefa concluída pela mudança de saída. Estudos em uma escala de indústrias também mostram que a transferência de informação entre os turnos é mais eficaz quando ele capta os problemas, possíveis soluções e intenções, e não apenas a descrição do que foi realizado. No entanto, a descrição das etapas restantes para serem feitas não é uma prática aceita na manutenção de muitas empresas.

e) Normas do grupo

Normas do grupo são forças importantes que moldam o comportamento de segurança em situações críticas. As normas são as regras tácitas informais informando como o trabalho foi ou está sendo feito. Novos trabalhadores aprendem as normas de trabalho de seus colegas, por contato direto ou treinamento específico que normalmente são positivas, outras ainda pode ter um impacto negativo no desempenho do trabalho, quando essas ocorrem de forma desordenada. Segundo Hobbs (2008), as normas são muito importantes para identificar os perigos que têm emergido no mercado de trabalho, visto que o descumprimento destas normas costuma fazer aparecer os problemas operacionais. Exemplos podem ser incluídos como a assinatura de término de outro trabalho, sem a devida verificação, ou não documentar onde os componentes adicionais foram soltos ou desmontados, quando não era especificada nas instruções de tarefas realizadas.

f) Fadiga

Fadiga é a palavra utilizada amplamente no domínio dos fatores humanos, ainda que raramente seja definida e pode significar coisas diferentes em contextos diferentes, a depender da tarefa que está sendo desenvolvida. A palavra pode referir-se ao cansaço físico, exaustão emocional, a degradação da habilidade que resulta da realização de uma tarefa que tem uma grande exigência

mental durante um período prolongado. A fadiga crônica está relacionada à semana de trabalho sem um descanso adequado, e, finalmente uma necessidade não atendida de dormir por não obedecer ao ciclo circadiano. Sonolência pode ocorrer por duas razões relacionadas, sendo que a primeira é a privação do sono, a segunda é o efeito no desempenho humano após um ritmo de 24 horas.

Segundo Dawson e Reid (1997), uma pesquisa recente mostrou que a privação do sono moderada típica vivida pelos trabalhadores por turnos, pode produzir efeitos muito semelhantes aos produzidos pelo álcool. Após 18 horas acordado, seu desempenho mental e físico em muitas tarefas é afetado, como se a pessoa tivesse uma concentração de álcool no sangue de 0,05 por cento. Tarefas consideradas monótonas que exigem que uma pessoa detecte um problema raro, como alguns trabalhos de inspeção, são os mais suscetíveis aos efeitos da fadiga. Ainda segundo Dawson e Reid (1997), alguns estudos têm mostrado que durante os ciclos de 24 horas, relacionados com os ritmos circadianos em relação ao erro humano, há uma tendência de queda no desempenho humano nas primeiras horas da manhã, onde a memória e o tempo de reação ficam piores em cerca de 4 horas após o vencimento do ciclo circadiano e as chances de erro são maiores. Estudos mostraram haver um aumento do risco de equívocos de manutenção efetuados no turno da noite.

Segundo Hobbs e Williamson (2003), foram efetuados estudos onde se verificou que, quando técnicos de manutenção estão no período de sonolência, eles têm a maior probabilidade de erros envolvendo falhas para realizar as suas tarefas, como lapsos de memória e erros de percepção. A sonolência parece ser menos susceptível de conduzir a erros de pensamento como os erros processuais incompreensíveis.

g) Turnos de doze horas

Turnos de doze horas de manutenção são cada vez mais comuns. Em alguns casos, a operação de uma empresa com turnos de 12 horas é impulsionada pela preferência do empregado, em vez de pressão de gestão. Quando comparado com turnos de 8 horas com turnos de 12 horas, estes oferecem algumas vantagens, como menor tempo de trocas de turno ao longo de uma semana, mais dias de folga. Assim a equipe tem a oportunidade de finalizar mais tarefas em cada turno, com menores intervalos execução da tarefa entre os turnos, visto que só ocorre uma paralisação, e não duas na troca da equipe nos turnos de 8 horas. Segundo, Pollock (1988), embora os trabalhadores tenham tendência a estarem mais cansados no final de um turno de 12 horas do que no final de um turno de 8

horas, às vezes eles relatam menos problemas de saúde por dormirem melhor em um padrão de 12 horas, quando comparado com os turnos de 8 horas.

Ainda segundo, Pollock (1988), atualmente não existe nenhuma evidência conclusiva que indique que prolongar a duração dos turnos de oito a doze horas aumente a probabilidade de acidentes ou ferimentos. No entanto, turnos de 12 horas podem não ser apropriados em todos os casos. Sempre que uma mudança for feita para turnos de 12 horas, é essencial avaliar os efeitos da mudança no trabalho bem-estar e qualidade de trabalho. Muito possivelmente os efeitos mais significativos de turnos de 12 horas irão mostrar-se no retorno do trabalhador para casa e não no trabalho. Finalmente, algumas autoridades recomendam que as horas extraordinárias não devam ser permitidas quando turnos de 12 horas estão sendo trabalhadas.

h) Redução da Vigilância

A fadiga é altamente relevante para as tarefas de inspeção de manutenção com a redução da vigilância por parte do trabalhador. Segundo Fitts e Jones (1947), durante a Segunda Guerra Mundial, verificou-se que os operadores de radar depois de cerca de 20 minutos em seus postos, se tornaram muito menos capazes de detectar alvos óbvios. Esse problema se aplica a muitas tarefas de monitoramento, onde as pesquisas são relativamente raras. Inspeção de aeronaves, o controle de raios X, médicos e inspeção de controle de qualidade em fábricas são áreas em que pode ocorrer a diminuição da vigilância.

A figura 17 ilustra uma curva típica da queda de vigilância, onde o decréscimo de vigilância é particularmente válido para as tarefas de detecção, quando a pessoa é obrigada a monitorar passivamente uma situação que é monótona, como a de inspecionar um grande número de pás de turbinas. Segundo Drury (1992), o fator limitante é a capacidade de manter a atenção na tarefa. Por exemplo, durante a inspeção visual de uma aeronave, um trabalhador da manutenção pode olhar diretamente para um defeito, mas se sua atenção estiver ocupada com outras demandas, o defeito pode não ser percebido ou mesmo reconhecido. Em geral, as tarefas de inspeção que envolve várias pausas regulares são menos propensas a sofrer com a redução da vigilância.

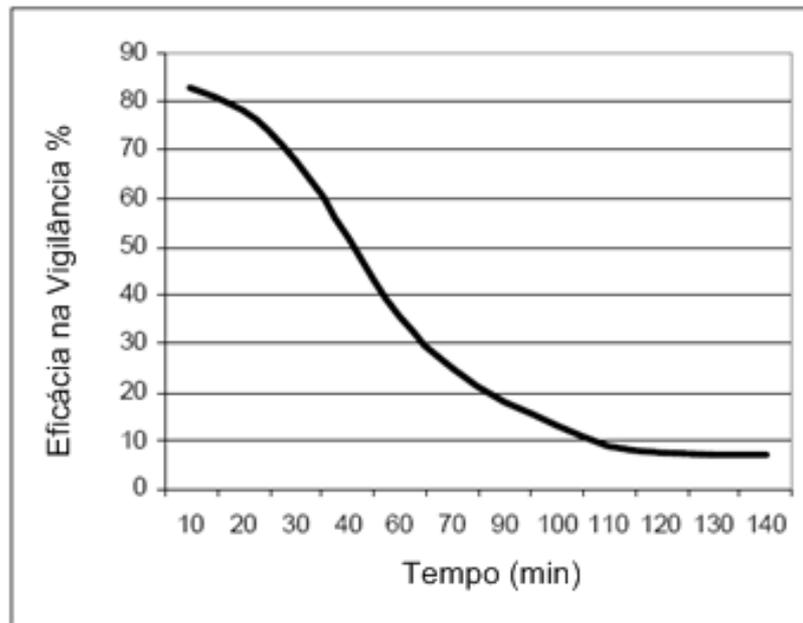


Figura 17 – Uma imagem da queda de vigilância - Fonte: Drury (1992)

i) Falta de Conhecimento do Sistema

Em um estudo feito pela ATSB - Australian Transport Safety Bureau (2009) referente a incidentes de manutenção na Austrália, a falta de treinamento ou conhecimento do sistema emergiu como um fator contribuinte para as ocorrências em 12 por cento das 25 ocorrências pesquisadas. Embora as questões de formação fossem por vezes associadas a trabalhadores recém-licenciados ou recém-qualificados, alguns engenheiros experientes que eram certificados também relataram incidentes relacionados com a insuficiência de conhecimento, habilidades ou experiência.

j) Deficiências do equipamento

Problemas com o equipamento de manutenção, incluindo a falta de ferramentas especializadas muitas vezes são relatados como sendo um fator nos incidentes referentes à manutenção. Segundo a CAA - United Kingdom Civil Aviation Authority (1991), no acidente relacionado à British Airways BAC-111 em 1990 que será abordado com mais detalhes posteriormente, o técnico que instalou o para-brisa da aeronave estava fazendo o trabalho com a visão inadequada, usou materiais incorretos e não tinha a chave de torque adequada para instalar os parafusos. A consequência foi que o para-brisa se despreendeu durante o voo,

causando ferimentos no co-piloto e a quase queda da aeronave devido à descompressão brusca. Em alguns casos, os equipamentos inadequados ou com problemas resultam em riscos para os próprios trabalhadores de manutenção.

k) Design para Acesso da Manutenção

Embora o pessoal de manutenção raramente tenha a oportunidade de influenciar a concepção dos sistemas que eles dão manutenção, a falta de estudos sobre o design dos equipamentos é o fator principal para os problemas de manutenção. Segue abaixo alguns pontos que dificultam a execução da tarefa pelo mecânico:

- ✓ Componentes que são de difícil acesso, especialmente onde os mesmos têm que ser desligados para permitir a manutenção;
- ✓ Obstruções à visão;
- ✓ Procedimentos que exigem níveis de precisão ou de força que são difíceis de empregar devido ao acesso;
- ✓ Os sistemas estão muito próximos, que normalmente são difíceis de distinguir uns dos outros;
- ✓ Sistemas com múltiplos modos de operação, mas sem informação clara do modo correto;
- ✓ Medidores que fornecem informações enganosas ou de difícil interpretação devido à falta de visão;
- ✓ Válvulas ou conexões elétricas que permitem troca na conexão, ou conexão com o sistema errado; e
- ✓ Componentes que podem ser instalados invertidos, como válvulas, tubos, etc.

Um grande esforço foi despendido a partir da Segunda Guerra Mundial para melhorar o design do cockpit, no entanto para a manutenção poucos esforços foram feitos durante os projetos para melhorar o acesso da manutenção aos sistemas.

As limitações como acesso, visibilidade e outros fatores do projeto podem colaborar para induzir os técnicos de manutenção a cometer erros. Alguns exemplos de má concepção de projetos de aeronaves em relação à execução de

tarefas referentes à manutenção incluem vários fatores, onde alguns podem ser observados na figura 18.



Figura 18 – Dificuldades de acessibilidade é uma característica comum em manutenção

Fonte: Drury (1992)

Esta foto ilustra alguns pontos que podem vir a dificultar que o mecânico de aeronaves realize sua tarefa em boas condições. Através da análise da foto pode citar:

- ✓ Dificuldade de acesso;
- ✓ Postura inadequada;
- ✓ Visão obstruída;
- ✓ Em caso de necessidade de uso de ferramenta, provavelmente o espaço não será adequado para o uso correto.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos enumera três seguintes questões-chave sobre a manutenção:

- 1) Limitações Força: Pode a pessoa realizar manutenção, elevar, segurar, torcer, empurrar e puxar objetos com a força necessária?
- 2) Dificuldades de acessibilidade: Como é a facilidade de acesso físico para as áreas de trabalho?
- 3) Problemas de visibilidade: a área de trabalho pode ser vista diretamente, ou deve ser feito o trabalho pelo tato ou com o uso de espelhos, etc?

I) Controles de Risco

As “defesas” originalmente denominadas por Reason (1990) chamados de Controles de Risco, são fatores criados para gerir riscos nos locais de trabalho. Existem dois principais tipos de controles de risco relacionados ao erro de manutenção, os controles preventivos e controles de riscos de recuperação.

Controles de riscos preventivos são destinados a reduzir a possibilidade de eventos indesejáveis, tais como erro humano. Exemplos de controles de riscos preventivos são componentes concebidos para impedir a instalação incorreta, ou problemas no aparelhamento de pinos que reduzem a chance de que o pino será deixado inadvertidamente no lugar, como no caso dos pinos de segurança do trem de pouso do nariz da aeronave. Estes pinos normalmente tem uma fita vermelha destacada em relação à aeronave de forma a chamar a atenção dos mecânicos quando da sua instalação e visualização quando a aeronave esta em procedimento de “*pushback*”¹², como ilustra a figura 19. Em outros casos, os controles de prevenção de risco assumem a criação, qualificação, ou procedimentos como o uso de placas ou de outros métodos para manter as ferramentas de controle ativas.



Figura 19 – Aeronave me procedimento de pushback (Fonte: do Autor)

Os Controles de risco de recuperação são projetados para detectar e se recuperar de uma situação perigosa, uma vez que a tarefa começou a ser desenvolvida. Os controles funcionais como checagem de todo o funcionamento do sistema e duplas inspeções após a conclusão de tarefas por equipes

¹² O Pushback é o procedimento pelo qual um avião é rebocado desde a porta de embarque, até à taxiway. Este processo é efetuado por um veículo, comumente designado por trator de reboque, que é ligado ao avião por uma barra.

diferentes são exemplos de procedimentos destinados a detectar erros de manutenção.

Algumas abordagens menos formais têm também um papel na captura de erros. Por exemplo, uma leitura de instruções verbais pode ser eficaz na redução dos erros de comunicação. No entanto, verificações, inspeções e leituras dependem do desempenho humano e estão eles próprios sujeitos à falibilidade humana. Segundo a NTSB - National Transportation Safety Board (1992), em um levantamento do pessoal de manutenção da área de aviação, mais de 30 por cento dos entrevistados relataram que haviam pulado um teste funcional exigido. Podemos citar o exemplo citado no Relatório de Acidente Aéreo de 1992/04 da aeronave *Embraer 120 da Continental Express*, que após sofrer uma manutenção, foi constatado que a equipe anterior tinha feito a remoção de 47 parafusos do estabilizador esquerdo e não comunicou à equipe que assumiu a tarefa após a troca de turno. O problema permaneceu uma vez que a equipe que finalizou os trabalhos não fez a inspeção correta que pudesse detectar a falha. Durante a descida da aeronave em voo o estabilizador se soltou causando a perda do controle por parte dos pilotos e a sua consequente queda, causando a morte dos 14 ocupantes, incluindo passageiros e tripulação.

Nem todos os controles de risco são igualmente eficazes. A engenharia de projetos pode contribuir para os controles de riscos referentes a erros de manutenção, tais como inverter a rosca de conexões de tubos de conexão que impedem a montagem invertida. Este tipo de ação geralmente é mais confiável do que os controles de risco que dependem do cumprimento das normas processuais, pois estas têm na maioria das vezes possibilidade de falhas. Há também diferenças na eficácia na categoria de controles de risco processual. Algumas verificações funcionais que demonstram o desempenho do sistema, como o funcionamento de um motor após a conclusão de um procedimento de manutenção por ser efetivas nestes controles de risco. Estes são geralmente mais eficazes na gestão de risco do que os procedimentos que se limita a exigir uma inspeção visual do trabalho concluído. As inspeções às vezes são omitidas devido a fatores como pressão de tempo ou excesso de confiança. A ordem geral da eficácia dos controles de risco é mostrada na figura 20. Quanto melhores forem as soluções de engenharia que impeçam que o mecânico cometa falhas, a exemplo de uma montagem de conexão invertida, mais efetivo se tornará o controle de risco. Mas podemos notar que a medida que o controle de risco fica por conta da ação humana, maior será a possibilidade dos erros acontecerem, como mostrado abaixo.

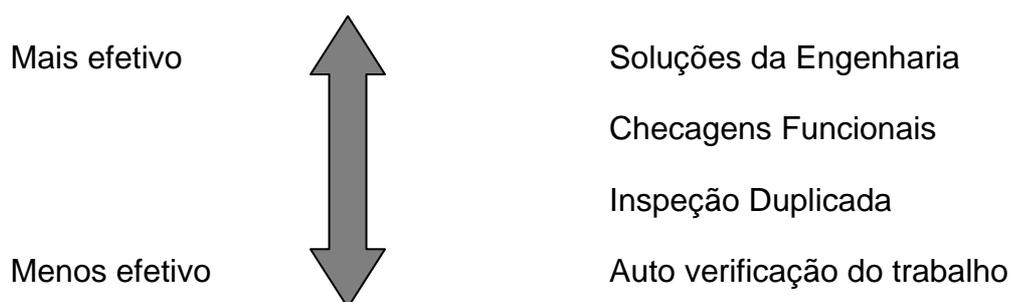


Figura 20 – A ordem geral da eficácia dos controles de risco em manutenção.

Em outros casos, o controle de risco é projetado para minimizar as consequências do erro humano, fazendo com que outros dispositivos de controle, como check list's minimizem a possibilidade de erros. Todos estes fatores normalmente estão muito ligados à forma como a organização trata seus erros, sejam para evitá-los ou mesmo no tratamento após a sua ocorrência.

2.6 Influência Organizacional no Erro de Manutenção

No qualificativo “organização do trabalho” a palavra organização vem do grego “*organon*”, que significa instrumento. Embora com características diferentes, o termo “organização” significa, etimologicamente, o mesmo que o termo tecnologia – instrumento, isso indica certa proximidade entre os termos. Segundo Faria (1984) a organização é a ciência do rendimento, pois procura dispor os elementos funcionais de tal forma que o conjunto assim engendrado seja capaz de realizar um trabalho eficaz com o mínimo de dispêndio e risco para conseguir no menor tempo, o objetivo pretendido através da criação da estrutura e dos sistemas necessários.

O ambiente interno pode ser analisado, segundo Oliveira (1988, p.82-88) através do conhecimento da estrutura e da cultura organizacional. A estrutura organizacional é a responsável pela atividade da instituição e se expressa no organograma, nas atribuições, nos manuais de normas e procedimentos, nas rotinas de trabalho e nas descrições de cargos. A cultura organizacional se manifesta pelos valores e crenças impregnadas nos comportamentos individuais e coletivos. Segundo Oliveira (1988, p. 82-88)¹³, a cultura das instituições pode ser

¹³ “Olhe o ambiente físico da organização, verifique como a organização trata os estranhos, entreviste pessoas típicas da organização; observe como as pessoas usam o tempo, investigue como acontece o recrutamento, a seleção e a admissão das pessoas, observe como se progride nessa organização, verifique quanto tempo as pessoas permanecem na organização, observe o conteúdo das conversas especialmente nas horas das refeições, preste atenção ao relacionamento entre as pessoas, no ambiente de trabalho.”

interpretada utilizando-se alguns procedimentos como pesquisas e avaliações internas junto aos trabalhadores.

Apesar das ocorrências de manutenção geralmente envolverem erros feitos por técnicos, as investigações de eventos de manutenção de avião também identificam os fatores ao nível de organização, tais como: sistemas de formação e qualificação, a alocação de recursos e os sistemas de valor cultural ou que permeiam a organização. Por exemplo, uma violação de manutenção, como a utilização de um instrumento incorreto, pode ocorrer porque a ferramenta correta não estava disponível, o que pode refletir as políticas de aquisição de equipamentos ou de restrições financeiras.

Uma das razões mais comuns para as violações de manutenção na aviação é a pressão do tempo, e esta por sua vez, pode ser sintomática de condições organizacionais, tais como custos operacionais, planejamentos efetivos ou agendamento de trabalho.

Um reconhecimento das influências organizacionais sobre o erro da manutenção é por vezes interpretado como uma tentativa de absolver técnicos de manutenção da responsabilidade pelo seu trabalho, ou para transferir a culpa dos trabalhadores para a gestão. No entanto, assim como os resultados positivos, como a rentabilidade, o desempenho do tempo, e a satisfação do cliente são indicativos do desempenho de toda a organização, mas também deve se considerar os eventos negativos, tais como as falhas de manutenção que são muitas vezes um produto de processos organizacionais.

Embora os problemas relacionados a fatores humanos na manutenção são normalmente revelados através das ações dos técnicos, as soluções para estes problemas geralmente exigem soluções no nível do sistema, como descrito na próxima seção.

2.6.1 Gestão do Risco de Erros de Manutenção

a) Gestão de Erros de Sistemas

Dentro da área de manutenção de avião, existe uma crescente ênfase na gestão do erro como uma parte integrante para composição e organização do Sistema de Gestão da Segurança (SGS). Um SGS é uma abordagem coordenada para a gestão da segurança que vai além de regulamentar o aspecto de minimizar os problemas causados por erros de manutenção. Segundo Hobbs (2008), de acordo com a ICAO - International Civil Aviation Organization, um SGS eficaz requer um compromisso forte da gestão e atenção para as preocupações, que

vão desde a cultura corporativa para a investigação de eventos, até os fatores humanos referentes a treinamento.

Um problema importante que enfrentam as organizações que trabalham diretamente com a manutenção é a forma de incentivar a divulgação dos incidentes de manutenção. A falta de divulgação destes eventos deixam de gerar informações que alimentam e servem de referencia em um banco de dados de um sistema de gerenciamento. Apesar da extensa documentação que acompanha a manutenção, o dia-a-dia de mantenedores podem ser menos visíveis do que a gestão trabalho dos pilotos ou controladores. Durante o trabalho dos pilotos, suas ações e atitudes podem ser apuradas de uma forma relativamente rápida através dos gravadores de acesso, gravadores de voz da cabine de pilotagem e gravadores de dados de voo, para não mencionar a tripulação e os passageiros. O desempenho dos controladores de tráfego aéreo é cuidadosamente monitorado, e os seus erros tendem a se tornar imediatamente evidentes para qualquer colega de trabalho, outros controladores ou mesmo dos pilotos. Em contrapartida, se um engenheiro de manutenção tem uma dificuldade com um procedimento de manutenção às 03:00 da manhã em um hangar remoto, o problema pode permanecer desconhecido para a organização a menos que o engenheiro decida por divulgar o problema. Quando ocorre um erro de manutenção, podem se passar anos antes até que este erro se torne aparente, e pelo tempo que ele ocorreu pode ser difícil estabelecer a forma como o problema aconteceu e quais as consequências que estes de fato pode gerar.

Os relatórios de incidentes são um dos poucos canais para as organizações identificarem os problemas de organização na manutenção, mas a cultura da manutenção de todo o mundo tende a desencorajar os relatórios de incidentes de manutenção, porque a resposta aos erros tem sido frequentemente punitiva. Em algumas empresas, erros comuns, tais como tampas de óleo de motores deixadas bambas, irá resultar em vários dias sem remuneração, ou mesmo a demissão imediata. Não é surpreendente que muitos incidentes menores de manutenção nunca são notificados oficialmente. Segundo o Relatório da National Transportation Safety Board (1998), quando alguns engenheiros de manutenção da Austrália foram pesquisados em 1992, mais de 60 por cento relataram ter corrigido um erro cometido por outro engenheiro, sem documentar a sua ação, para evitar potencial de ação disciplinar contra o colega.

Embora todos os envolvidos na segurança da aviação deversem estar preparados para assumir as responsabilidades por suas ações, uma resposta punitiva genuína a erros é em última análise contraproducente. Alguns membros de comitês de análise de acidentes têm tentado propor a cultura na indústria da

aviação que a 'culpa livre' é necessária para incentivar a denúncia. Isto poderia implicar que ninguém jamais seria punido e responsabilizado por suas ações. Mais recentemente, o conceito da cultura de relatar os pequenos incidentes tem sido promovida, no qual algumas violações extremas resultarão em punições disciplinares, porém a maioria tende a não punir os mecânicos quando estes errarem. Programas de informação de incidente ocorridos em manutenção têm sido amplamente divulgados para que estes possam colaborar com um banco de dados, a fim de reduzir os erros humanos.

O progresso está sendo lento no sentido da elaboração de relatórios de erros de sistemas de manutenção que permitam que engenheiros desta área revelem erros ocorridos, sem medo de punição. A regulamentação europeia da European Aviation Safety Agency (EASA) Part 145, exige que as organizações de manutenção tenham um sistema de comunicação interna de ocorrências que permite que estas organizações relacionadas ao erro humano, devem ser relatadas e analisadas. Em 2001, antes da liberação dos requisitos da EASA, a Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (United Kingdom Civil Aviation Authority) (UKCAA), havia lançado um aviso de número 71 sobre Aero Navegabilidade, mostrando as melhores práticas de gestão de erro de manutenção. Estes incluíam o compromisso das empresas, com uma política de disciplina clara e um processo de investigação dos eventos relatados. A Transport Canada também tem promulgado regulamentações que exigem sistemas de gestão da segurança das companhias aéreas, onde este requisito inclui os relatórios de erros e outros problemas, e as investigações internas e análise de tais eventos.

O FAA - Advisory Circular AC 120-66B (2002), nos Estados Unidos, incentiva as companhias aéreas e centros de reparação a introduzir os Programas de Ação de Segurança da Aviação (ASAP) que permitem aos funcionários relatar problemas de segurança com ênfase na ação corretiva em vez de disciplinar. Relatórios de incidentes são passados para um comitê de revisão de eventos composto por representantes da FAA, sobre gestão e a unificação destes relatos.

Apesar das vantagens que esses programas oferecem e que estes tenham sido aprovados de forma mais ampla para a tripulação de voo do que para o pessoal de manutenção, nem todos os incidentes são aceitos em programas ASAP. Existem algumas condições-chave para a aceitação de um relatório que são as seguintes:

- 1) O relatório deve ser apresentado de forma oportuna, geralmente dentro de 24 horas após o redator ter tomado conhecimento do problema;
- 2) O incidente não deve implicar uma atividade criminosa ou abuso de substâncias;
- 3) O incidente não deve envolver a falsificação intencional; e
- 4) O incidente não deve envolver violações intencionais ou ações que refletem “descaso intencional pela segurança”.

Os primeiros três destes critérios não são susceptíveis de constituir um problema na maioria dos casos. No entanto, quando se trata de violações ou ações que envolvem uma "violação intencional de segurança", a questão torna-se mais subjetiva. Muitas violações de rotina na manutenção poderiam se encaixar neste critério.

Segundo Hudson (2000), as questões da culpa e da justiça se aplicam mais do que apenas ao pessoal de manutenção no piso do hangar. Gerentes e supervisores também são responsáveis pelo desempenho do pessoal que se reportam a eles. Foi proposto que quando ocorrem violações de trabalho, deverá haver consequências não só para as pessoas diretamente envolvidas, mas também para os gestores. Por exemplo, se um incidente envolveu uma violação da regra de rotina, os gestores devem ser responsabilizados pela sua incapacidade de garantir o cumprimento, ou sua incapacidade de alterar a regra se fosse desnecessária.

b) Formação dos Fatores Humanos

A partir da década de 1970, as companhias aéreas ao redor do mundo começaram a oferecer treinamento de conscientização de fatores humanos para a tripulação de voo. Até recentemente, a formação fatores humanos raramente estava previsto para o pessoal de manutenção.

Segundo Hobbs (2006), na década de 1990 uma onda inicial de cursos de formação de fatores humanos para o pessoal de manutenção iniciou-se nos Estados Unidos, inspirado no sucesso de formação em gestão de recursos dos pilotos. Esta formação inicial era tipicamente referida como Gestão de Manutenção de Recursos (GMR) e centrada em temas como a assertividade,

gestão do stress, tomada de decisão, a consciência das normas, habilidades de comunicação e resolução de conflitos. Os cursos normalmente são destinados não só a mudança de atitudes entre o pessoal de manutenção, mas também proporcionar-lhes competências práticas que poderiam ser aplicados no local de trabalho, tais como as competências de assertividade e técnicas de resolução de conflitos.

Ainda segundo Hobbs (2006), a segunda onda deste treinamento em fatores humanos para o pessoal de manutenção foi gerado por novos requisitos da International Civil Aviation Organization (ICAO), a European Aviation Safety Agency (EASA), e do Transport Canada que chamou os engenheiros de manutenção para ter conhecimento dos princípios de fatores humanos. O Regulamento EASA - European Aviation Safety Agency 66 contém uma lista de conhecimentos dos fatores humanos entre as exigências básicas de conhecimento inicial para certificação de manutenção do pessoal em aeronaves comerciais de transporte aéreo. O programa recomendado inclui o trabalho em equipe, trabalho com pressão de tempo e de prazos, comunicação e gestão do erro humano. Embora esses itens constem no currículo anexado ao regulamento, como um meio de alternativas aceitáveis, a EASA não listou como uma não conformidade, de modo que este currículo efetivamente tenha a força de uma exigência regulamentar.

O Relatório 145 da EASA contém extensos requisitos de fatores humanos para as organizações de manutenção. Entre os requisitos nestes regulamentos e os documentos de suporte associados, são de que os funcionários recebam treinamento em princípios de fatores humanos. Esta formação é necessária não só para o pessoal de certificação, os engenheiros e técnicos, mas também para gerentes, supervisores, agentes de controle de qualidade, agentes de loja de atendimento a clientes e outros. A formação contínua dos fatores humanos deve ocorrer a cada dois anos.

Segundo Hobbs (2006), mais de 60 temas de fatores humanos estão listados no material de orientação associada com a EASA-145, incluindo violações, a pressão dos colegas, as limitações de memória, gerenciamento de carga de trabalho, trabalho em equipe, assertividade e as políticas disciplinares. A Australian Civil Aviation Safety Authority indicou que no futuro a regulamentação semelhante será aplicável a organizações de manutenção e de pessoal na Austrália, quando a Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 145 for introduzida.

c) Aprendendo com os incidentes

Segundo Reason (1990), na maioria dos casos as circunstâncias imediatas de um acidente são sintomas de mais de um problema fundamental, e que dificilmente um acidente ocorre devido a um fator isolado. Tratar os sintomas de um problema raramente levam a soluções adequadas, e alguns casos pode mascarar e agravar problemas de maiores magnitudes e de consequências indesejadas. Um exemplo a este respeito para reforçar tal situação, seria como um procedimento que é desnecessário ou mal concebido é rotineiramente ignorado pode causar mais mal do que bem, uma vez que os profissionais acabam se habituando a ignorar outros procedimentos quando eles os julgam desnecessários. Para fazer melhorias duradouras é preciso identificar e tratar as origens fundamentais subjacentes dos problemas e a origem destes problemas.

Ainda segundo Reason (1990), para chegar às causas de organização de um acidente envolvendo o desempenho humano, precisamos perguntar "Por quê?" das ocorrências buscando as respostas:

- ✓ Por que o comportamento ocorre?
- ✓ Por que os controles de risco falham?
- ✓ Por que os fatores que contribuem existem?

As respostas a estas perguntas eventualmente leva-nos a aspectos fundamentais da organização, como a cultura, restrições financeiras e as condições de trabalho que os funcionários são submetidos, que podem ter forte e ampla influência sobre a segurança e qualidade.

d) Investigação de Incidentes de Sistemas

Os relatórios de incidentes fornecem matérias-primas valiosas sobre lições de segurança a partir do qual lições podem ser extraídas. Nos últimos anos, diversas técnicas de investigação foram desenvolvidas especificamente para a manutenção do transporte aéreo. A mais antiga delas, criada pela fabricante Boeing, chamada de Apoio de Decisão ao Erro de Manutenção - *Maintenance Error Decision Aid* (MEDA) que apresenta uma lista exaustiva das descrições de erros, como "painel de acesso não fechado" e, em seguida, orienta o pesquisador na identificação dos fatores que levaram ao erro. Segundo Rankin e Allen (1996), mais de 70 fatores que contribuem para os erros são listados no MEDA, incluindo

fadiga, conhecimento inadequado, e restrições de tempo, no entanto este sistema não inclui a descrição psicológica de erros.

De acordo com as pesquisas de Russell, Bacchi, Perassi e Cromie (1998), o Boletim de Aeronaves e Manutenção de Sistema de Segurança - *Aircraft Dispatch and Maintenance Safety System* (ADAMS) foi desenvolvido na Europa por uma equipe sediada no Departamento de Psicologia do Trinity College de Dublin. Em comum com MEDA, o ADAMS inclui uma série de erros de manutenção, como também permite que o investigador descreva a forma psicológica do erro usando uma grande variedade de descrições de como a captura do hábito e falta de memória podem ter influenciado na causa do erro. Uma seleção de cerca de 100 fatores de influência que abrangem o desempenho da tarefa, o ambiente de trabalho, a organização e o tipo de erro do estado físico e mental, é fornecido ao investigador.

Segundo Schmidt, Schmorrow e Hardee (1998), o Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) é baseado no modelo de Razão, e foi originalmente desenvolvido para ajudar na investigação de acidentes nas forças armadas dos Estados Unidos. Uma extensão de manutenção desta metodologia HFACS-ME (Human Factors Analysis and Classification System - Maintenance Extension) foi desenvolvida pela Marinha para analisar os incidentes de aviação dos Estados Unidos. HFACS-ME auxilia o pesquisador na identificação de ações de manutenção usando uma taxonomia baseada na Razão, e fornece 25 potenciais condições latentes que contribuem a erros de manutenção. Talvez devido às suas origens militares, HFACS e HFACS-ME salientam os fatores de supervisão das tarefas que são executadas.

Há duas principais vantagens da utilização de um sistema de investigação estruturado e sistemático de erros como os descritos acima. Primeiro que os sistemas de investigação estruturados foram desenvolvidos para melhorar a eficácia das investigações. Os sistemas estruturados servem de avisos ou listas de verificação que ajudam o investigador a descobrir as questões relevantes durante o processo de investigação. Em segundo lugar, uma vez que o sistema tem sido usado ao longo do tempo, um banco de dados de incidentes torna-se disponível em formato padrão que é adequado para análise estatística. Ela então se torna possível em função da busca de tendências e associações nos dados que talvez não tenham sido identificadas.

Através destas investigações é possível avaliar as condições de trabalho destes profissionais de manutenção, uma vez que após a análise de vários fatores, a avaliação do posto de trabalho referentes ao ambiente, condições de

temperatura, iluminação, entre outros, passam a serem fatores que podem contribuir para o processo de investigação.

2.7 Características de um posto de trabalho

Segundo Santos (1992), o posto de trabalho é considerado como a menor unidade produtiva da empresa, envolvendo geralmente o trabalhador em seu local de atuação e sujeito a todas as variáveis que influenciam para a concretização da tarefa e considerando o estado do próprio ser humano em si.

Segundo Lida (1990), a análise do posto de trabalho pode ser realizada basicamente com a aplicação de dois enfoques básicos. O primeiro é o tradicional, que tem a empresa como elemento principal e conseqüentemente uma preocupação para obter uma maior produtividade e qualidade da produção, e para que isso seja possível o trabalhador necessita estar sob condições satisfatórias no seu ambiente; é baseado nos princípios de economia de movimentos, com a orientação Taylorista. O segundo enfoque é o ergonômico, que tem o trabalhador como elemento principal, reforçando que a produtividade e a qualidade do produto obtido é resultado da satisfação e conforto do trabalhador em atividade.

A análise do posto de trabalho realizada deve seguir o enfoque ergonômico. Entre as metodologias disponíveis para análise. A AET (Análise Ergonômica do Trabalho) baseada em Wisner (1987) e adaptada por Santos (1992), nas etapas seguintes:

- 1) Análise da demanda: Avaliação do objetivo para a realização do estudo ergonômico, suas implicações e viabilidade.
- 2) Análise da tarefa: Compreende uma descrição de como as tarefas estão prescritas para serem realizadas e quais as características ambientais a que o trabalhador está sujeito. Nessa etapa é realizada uma delimitação do sistema Humano-Tarefa, quais as exigências do trabalho e uma avaliação dessas exigências.
- 3) Análise da atividade: Compreende uma análise de como as tarefas são realmente realizadas, como é feita a organização do meio, que recursos físicos são realmente utilizados no trabalho, quais os processos cognitivos envolvidos e qual a forma empregada para a resolução dos problemas.

- 4) Elaboração do diagnóstico: São analisadas as patologias do sistema Humano-Tarefa tanto no nível fisiológico como psicológico. Nessa etapa os dados coletados nas etapas anteriores são reagrupados, confrontando-se uns com os outros e obtendo sintomas que deflagram a existência de problemas na situação de trabalho.
- 5) Elaboração das recomendações ergonômicas: Representa a etapa mais importante para que a análise ergonômica surta efeito sobre o posto de trabalho analisado. É nesta etapa que são apresentados os resultados da análise ergonômica e as medidas a serem tomadas para que o sistema Humano-Tarefa venha a ser realizado com maior conforto, segurança e satisfação para o trabalhador e maior produtividade, qualidade e menores custos para a empresa, conforme demonstrado na figura 21.

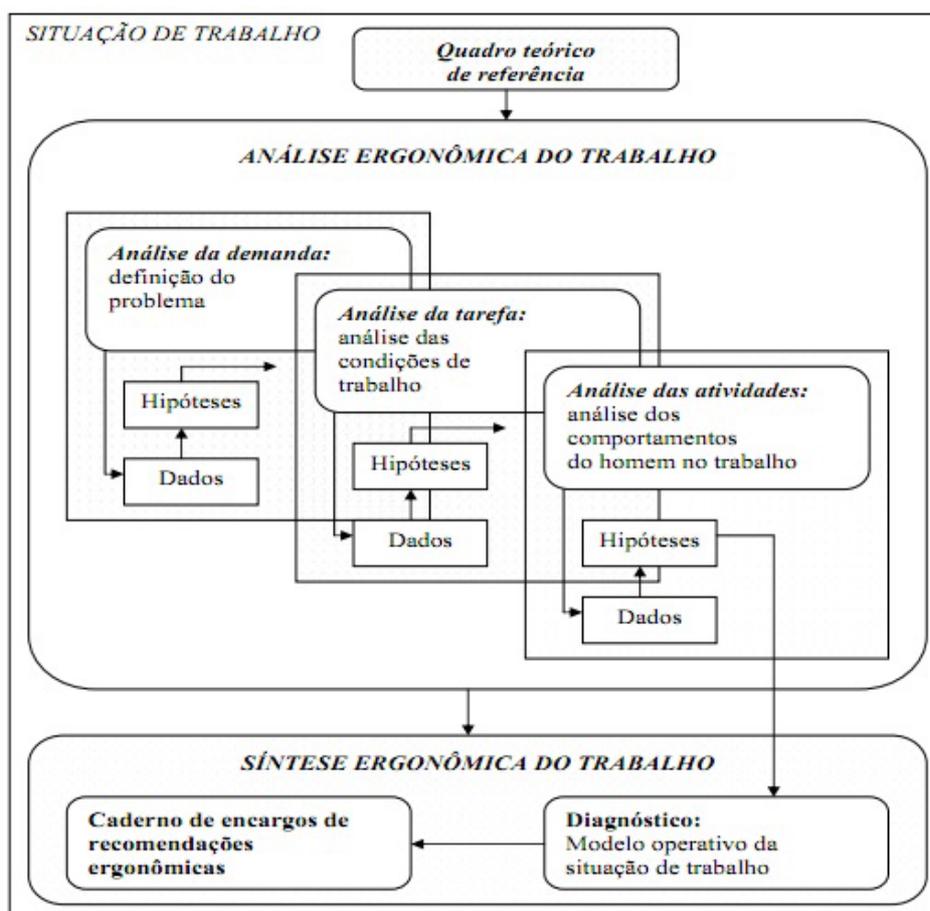


Figura 21 – Esquema metodológico para análise ergonômica do trabalho. Fonte: Santos e Fialho (1997)

A figura 21 descreve todas as etapas necessárias para a aplicação da Metodologia AET – Análise Ergonômica do Trabalho, descrevendo suas etapas como a análise da demanda, a análise da tarefa e por fim a análise da atividade.

Em cada uma das etapas são levantadas as hipóteses e os dados referentes a cada uma delas, e no final é gerada uma síntese ergonômica do trabalho através de um relatório detalhado.

2.8 Análise do Comportamento

Segundo Santos (1997), a partir da evolução dos estudos de Taylor, formam-se dois novos campos de pesquisa, de um lado a Ergonomia, com o objetivo de contribuir na concepção de meios de trabalho adaptados às características do ser humano, objetivando saúde e produtividade. Por outro lado, foi dado um passo mais importante na Administração Científica, com o estudo dos fatores psicológicos que influenciam o ser humano no setor da produção.

Descobriu-se que era possível melhorar a produtividade através de elementos associados à interação do ambiente de trabalho com o usuário, a sensação agradável que esse pode provocar no usuário. Segundo Elali, (1997), a partir dessa abordagem, são iniciados os estudos comportamentais do ser humano através de suas relações com o espaço – base dos pressupostos da Psicologia Ambiental, ou seja, o estudo de aspectos construtivos e funcionais do espaço construído acrescido da análise comportamental e social, essencial à sua compreensão.

Percebe-se então que às análises sobre produtividade devem ser somados aos estudos da Ergonomia e da Psicologia Ambiental, dois campos que podem fornecer dados relevantes, centrados na preocupação com tais questões, desde a origem de sua compreensão.

Conforme assinalado por Sidman (1995), ao referir-se à análise comportamental, é possível construir mudanças em nosso próprio ambiente de forma a produzir mudanças em nosso próprio comportamento. Nessa perspectiva abre o caminho para uma proposta a partir dos estudos das atividades do profissional envolvido na execução da sua tarefa e inserido em um ambiente. Este ambiente que nem sempre lhe é favorável, permite a abertura de possibilidades de estudos para explorar fontes multivariadas de informações relativas ao trabalho humano, considerando-se a análise do trabalho como ponto central da abordagem ergonômica.

2.9 Conforto Ambiental

Uma crença recorrente e equivocada, diz respeito à adaptabilidade infinita das pessoas para se ajustarem ao seu ambiente, mobiliário e equipamento de trabalho. Esta crença sugere a necessidade de se produzirem ambientes mais responsivos e adaptáveis às necessidades de cada indivíduo, pois acreditamos que o ambiente de trabalho será mais produtivo quanto maior for o controle ou apropriação exercida por seu usuário.

Abrantes (2004) aponta que o bem-estar no ambiente de trabalho é o resultado não só das condições físicas e ambientais do lugar em que se trabalha, como também do clima organizacional e do relacionamento interpessoal que compõem o ambiente de trabalho. E que a cognição, empregada no conhecimento dos seus valores, necessidades e cultura inserida num contexto ambiental se tornam meio indispensável para avaliar o desempenho do ambiente.

A nova visão de espaços de trabalho busca a concepção de locais confortáveis que garantam tanto a saúde do trabalhador, quanto à eficiência do trabalho. A qualidade do lugar de trabalho é sustentada por fatores físicos, sensoriais e organizacionais.

Júdice (2000) define o ambiente confortável como *“aquele que integra os conceitos relativos ao modelo de funcionamento do ser humano, atendendo as exigências de natureza física, psíquica e cognitiva e, ao mesmo tempo, assegura-nos as condições materiais necessárias ao desempenho das tarefas, possibilitando que o indivíduo se coloque no trabalho”*. Pode-se então afirmar que o conforto percebido como o resultado da inter-relação entre a variabilidade individual, as características arquitetônicas e a atividade do indivíduo.

Teríamos na proxêmica citada por Hall (2005) a inter-relação das teorias de uso que o ser humano faz do espaço de acordo com seus fatores culturais, percebendo a percepção que o ser humano tem dos seus espaços sociais e pessoais. Isto posto, o relacionamento do ser humano com o seu ambiente seria em função de seu sistema sensorial e como está condicionado a reagir, havendo aspectos visuais, sinestésicos táteis e térmicos cujo desenvolvimento pode ser influenciado pelo ambiente.

Hall (2005) afirma que faz parte da natureza dos animais e do ser humano manifestar o comportamento de territorialidade, usando os sentidos para distinguir entre um espaço e outro, criando marcadores territoriais visíveis e invisíveis. Assim, o ser humano estaria cercado por bolhas invisíveis de dimensões mensuráveis, o que explicaria o constrangimento pelos espaços que habitam e

trabalham, e teríamos zonas que poderíamos dispor para legitimar a sensação de um indivíduo dispor do seu espaço.

Quando existem locais de trabalho que sofrem muitas interferências das condições ambientais, com luminosidade, ruídos, temperatura que normalmente interferem nas condições de trabalho, estes causam além do desconforto, problemas de saúde nos trabalhadores. Neste momento é importante levar em consideração as Normas Técnicas referentes aquele tipo de trabalho, pois ela irá garantir um equilíbrio entre o ambiente e o trabalhador, reduzindo e evitando os riscos para o mesmo e melhorando a execução da sua tarefa. Abrantes (2001) lista a seguir as reações nos indivíduos causadas por fatores de desconforto:

- ✓ *Temperatura*: interfere no humor, bem-estar e desempenho;
- ✓ *Qualidade do ar*: interfere no bem-estar e saúde;
- ✓ *Iluminação*: pode causar depressão, cansaço e stress;
- ✓ *Ruído*: pode causar irritabilidade e falta de concentração;
- ✓ *Layout*: pode causar depressão, irritabilidade, etc.

O fator ambiental pode não ser o principal aspecto que pode prejudicar o desempenho na execução de uma tarefa, mas certamente pode influenciar na sua qualidade, e se tratando de uma tarefa como a manutenção de aeronave, desprezar estes fatores podem ter consequências indesejadas. Trabalhar preparado para enfrentar as condições ambientais contribui em muito para que a tarefa seja feita da melhor forma ou sair como programada. Nos próximos pontos serão apresentados e correlacionados alguns fatores ambientais que se referem à iluminação, conforto térmico e acústico para ambientes relacionados com o trabalho de um mecânico de avião.

2.9.1 Ambiência Luminosa

A quantidade de luz natural ou artificial no nível da situação de trabalho entende-se por ambiência luminosa. Para Kroemer e Kroemer (2001), podemos considerar como confortável quanto aos aspectos da iluminação, um ambiente que:

- Permita-nos ver claramente e prazerosamente o que queremos ver;
- Previna claridade e pontos de luz indesejados em nosso espaço; e
- Seja satisfatório em termos de contrastes e cores.

Materiais expostos à luz se comportam de várias maneiras, onde quando a luz incide numa superfície, uma parte da luz incidente é refletida, isto é, retoma ao hemisfério de procedência sem penetrar na matéria; outra porção é absorvida dentro do material, configurando-se num ganho de energia, enquanto a última fração pode ser transmitida (no caso de superfícies transparentes ou translúcidas) para o outro lado, como podemos observar na figura 22. O principal fator está na reflexão, que pode vir a prejudicar o olho humano.

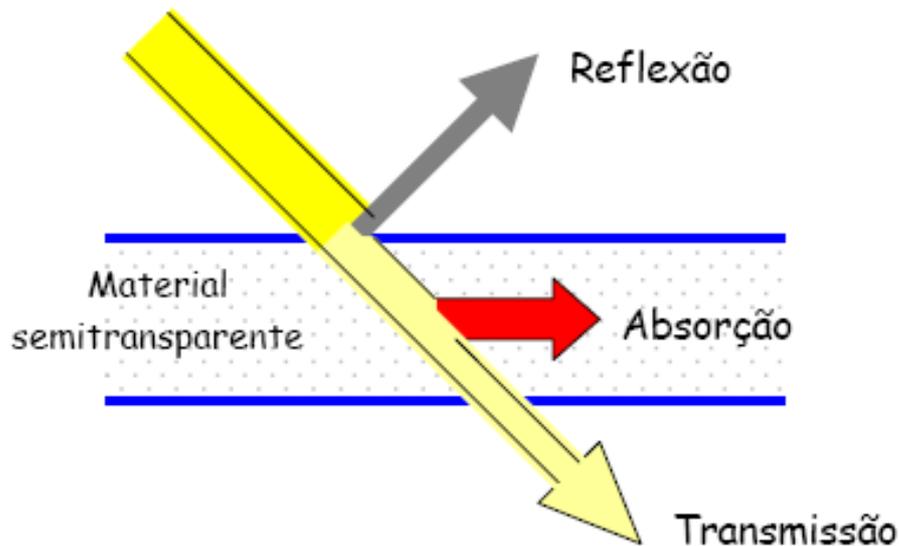


Figura 22 – Fluxo luminoso incidente em uma superfície. Fonte: Pereira e Souza (2000).

O olho humano tem uma grande capacidade de adaptação a condições variáveis de iluminação. O processo pelo qual os olhos se ajustam a estas condições é chamado de adaptação visual. Adaptação é a característica dominante na visão humana; de outra forma não se poderia ver em ambientes tão distintos como os produzidos pelo dia, noite, luz solar, nuvens, interiores e exteriores. Segundo Pereira e Souza (2000), é por causa desta capacidade de ajustamento do olho humano que a luminância, ou brilho, é relativa e não absoluta; a luz do dia que parecia ser satisfatória ao entrarmos no cinema parece excessivamente brilhante quando deixamos o cinema. Faróis de veículos que incomodam à noite quase não são percebidos durante o dia. O processo de adaptação possui três componentes:

- ✓ Uma resposta neural rápida quando ocorre uma mudança na iluminação;
- ✓ Uma resposta média do olho com a dilatação ou contração da pupila para regular a quantidade de luz admitida no interior do olho; e
- ✓ Uma resposta retinal lenta com a produção ou remoção de substâncias fotoquímicas para aumentar ou diminuir a sensibilidade à luz.

Ao focalizar um novo cenário, o olho se adapta a luminância média deste. Portanto, existe uma faixa de variação de luminância para ambos os lados na qual o olho pode funcionar.

Ainda segundo Pereira e Souza (2000), existem duas considerações importantes que são uma consequência da habilidade de adaptação do olho:

- ✓ **Margem de adaptação:** ao adaptar-se a luminância média da cena, a margem de visibilidade para ambos os lados é grande, mas não infinita. Diferenças muito grandes podem gerar perda de visibilidade e ocorrência de ofuscamento;
- ✓ **Velocidade de adaptação:** como já foi mencionado anteriormente, a velocidade de adaptação é bastante lenta comparada com os movimentos humanos normais. Caso haja um aumento muito rápido nos níveis de luz pode ocorrer ofuscamento. Se for um decréscimo muito rápido pode haver perda de visibilidade (ex: entrada e saída de túneis ou visualização de partes internas de um avião com baixa luminosidade em um local com a incidência de muita luz).

Desempenho visual

Segundo Kroemer e Kroemer (2001), os dois aspectos vistos anteriormente são expressões da eficiência visual sob condições estáticas. Dado tempo suficiente, a maioria das pessoas serão capazes de perceber um objeto mesmo se o contraste e a acuidade visual forem fracos. Entretanto, eficiência precisa ser medida em relação a tarefas visuais transientes, em relação a mudanças, onde desta forma o tempo também é considerado. Desempenho visual é quantificado tanto pelo tempo necessário para se perceber um objeto, como pelo número de objetos percebidos por unidade de tempo. Este aspecto apresenta consequências importantes quanto à segurança com respeito à circulação, escadas, vias de tráfego, etc. Existe um tempo necessário para a realização de uma determinada tarefa visual, que pode diminuir com o aumento do nível de iluminação. Existirá um momento em que, aumentar do nível de iluminação, não diminuirá o tempo de realização da tarefa, onde para cada tarefa tem-se o nível de iluminação ideal.

Ofuscamento

Quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou a uma velocidade muito grande, experimenta-se perturbação, um desconforto ou até mesmo uma perda na visibilidade que é chamada de ofuscamento. Ainda segundo Kroemer e Kroemer (2001), o ofuscamento pode ocorrer devido a dois efeitos distintos:

- ✓ **Contraste:** caso a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual seja maior do que 10:1;
- ✓ **Saturação:** o olho é saturado com luz em excesso; esta saturação ocorre normalmente quando a luminância média da cena excede 25.000 cd/m² (*unidade de medida de luminância - candela/m²*).

Ofuscamentos podem ser classificados como: desconfortáveis ou perturbadores e inabilitadores. Os primeiros não impedem necessariamente o desenvolvimento da tarefa visual; são atribuídos à tendência do olho de fixar em objetos ou pontos brilhantes dentro do campo visual (fontes de luz ou reflexos intensos em superfícies muito polidas). O grau de desconforto produzido por luminárias é função de quatro parâmetros: luminância da fonte, tamanho da fonte, ângulo entre a fonte e a linha de visão do observador e a capacidade de adaptação do observador.

O mecânico de manutenção de aeronaves que trabalha nos pátios dos aeroportos atendendo aviões em trânsito, normalmente está sujeito a sofrer com o excesso de luminosidade na pista. Quando esta atendendo a uma aeronave e há a necessidade de entrar na cabine da aeronave ou mesmo no porão eletro-eletrônico para fazer algum reparo ou mesmo inspeção, no seu retorno a incidência de luz poderá lhe causar ofuscamento momentâneo, podendo vir a prejudicar a sua visão. A depender da tarefa que este mecânico estiver executando, podem ocorrer situações que ele não terá condições de visualizar um problema durante uma inspeção visual.

2.9.2 Ambiência Térmica

Os mecânicos de avião em trânsito trabalham normalmente em condições de temperatura pouco favoráveis, visto que quase sempre estão em campo aberto, sujeitos a ação direta do sol ou de chuva. Devido a esta exposição sempre estão expostos a grandes variações de temperatura, e que no caso de sol ainda tem o fator da absorção e reflexão de luz pelos materiais, que podem gerar maior desconforto térmico.

Com relação aos padrões de conforto, a sua noção é complexa e de difícil definição, por traduzir sensações térmicas humanas, por ser inevitavelmente subjetiva, por ser influenciado por variáveis de difícil quantificação como habituação ao ambiente, estado social, tipo de atividade, nível de vida, dentre outros.

Segundo Kroemer & Grandjean (2001), o desconforto térmico gera alterações funcionais que podem afetar todo o corpo. O superaquecimento gera cansaço e sonolência, redução de desempenho físico e aumento de erros. Ao contrário, super-resfriamento gera superatividade, que reduz o estado de alerta e concentração, particularmente nas atividades mentais.

A aceitação do ambiente térmico, da percepção do conforto e da temperatura está intimamente relacionada com a produção do calor metabólico, com a sua transferência para o meio ambiente e com o ajuste fisiológico resultante da temperatura do corpo e da temperatura de transpiração. No que se refere ao descontentamento, este é causado, por sua vez pelo desconforto provocado pelo calor ou pelo frio em excesso para o corpo todo, denominado desconforto térmico geral. Todavia, o mal-estar térmico pode ser ainda causado por uma indesejável exposição de apenas uma parte do corpo, ao frio ou ao calor excessivo, traduzindo-se no assim chamado desconforto térmico local.

Segundo Givoni (1976), pesquisas realizadas em câmaras climatizadas, constantes da literatura específica, voltam-se essencialmente para o estudo dos efeitos do ambiente físico no conforto humano, negligenciando fatores como hábitos e cultura dos indivíduos. A lacuna fundamental dessa teoria assenta no fato de se basear apenas em investigações laboratoriais, quando existem estudos de campo que comprovam claramente a capacidade de adaptação dos indivíduos ao meio em que estão inseridos. Esta tendência adaptativa inerente aos seres vivos dota-os de uma capacidade de aceitação de situações térmicas, as quais aparentemente poderiam ser tomadas como extrapolando os limites de áreas consideradas de conforto. Se por um lado em câmaras climatizadas os desvios da neutralidade estão sempre na origem do desconforto térmico como resultado da inexistência de oportunidade adaptativa, por outro, em casos reais o desconforto traduz sempre uma consequência do fato de qualquer estímulo exceder os limites de oportunidade de adaptação. Existem várias evidências físicas que certificam o fenômeno da adaptação do ser humano ao clima. Os usuários de edifícios não climatizados artificialmente (ventilados naturalmente) aceitam as maiores amplitudes térmicas diárias como um fenômeno natural. De fato, Givoni (1976), refere-se a níveis elevados tanto de temperatura quanto de umidade que, apesar de alguns considerá-los como desconfortáveis, são bem tolerados por indivíduos de climas extremamente quentes que vivem em edifícios não climatizados.

A inter-relação mostrada por Givoni (1976), ao analisar as trocas térmicas entre o ser humano e o ambiente, no que respeita às respostas fisiológicas e sensoriais à pressão térmica, aos efeitos biofísicos dos fatores ambientais e à maneira como a envolvente dos edifícios interfere nos efeitos diretos dos elementos de clima sobre estes. Isto o que ilustra a aplicação de parâmetros de desenho e de materiais que possam conduzir a construção do edifício, evidenciando as características climáticas que exercem influência no conforto fisiológico e nas respostas térmicas dos edifícios, destaca a impossibilidade de se atuar para cada combinação de elementos que compõem os distintos tipos de climas existentes.

O mecânico de aeronaves de campo trabalha numa condição adversa ao descrito por Givoni (1976). Existe um grupo de mecânicos da aviação que devido a sua especialização, trabalha em locais com climatizados e controlados. Este controle esta muito mais relacionado à necessidade do equipamento que esta em manutenção do que pelo trabalhador. Alguns equipamentos eletrônicos e de precisão não podem receber poeira ou outros elementos que possam vir a comprometer seu funcionamento. Neste caso o trabalhador trabalha numa área de temperatura e clima controlados.

2.9.3 Consequência do trabalho em condições de temperatura elevada.

Ainda segundo Givoni (1976), o trabalho prolongado em ambientes ou atividades de temperatura elevada resulta, para o ser humano, consequências sérias afetando, por vezes de maneira bastante grave a sua saúde. Obrigar o sistema termorregulador a aumentar a circulação periférica para melhor dissipação do calor interno implica forçar, a um trabalho adicional, o sistema cardiovascular, o que pode vir a causar cardiopatias sérias. A sudação excessiva leva ao desequilíbrio orgânico pela perda de água e sal que, por sua vez, precisa ser constantemente compensada.

O excesso de temperatura pode provocar a *intermação*, distúrbio que pode levar a convulsões, ao delírio e, em casos extremos, à morte. Seus sintomas são os mesmos da insolação que ocorre por prolongada exposição à radiação solar direta: pele seca, quente e avermelhada; tontura e vertigem. Já no sistema circulatório, quando demasiadamente solicitado para promover a dissipação de calor interno, pode provocar a *prostração térmica*, cujos sintomas são: palidez, pele úmida, a temperatura do corpo por se apresentar subnormal ou ligeiramente elevada. Nos músculos pode provocar *câimbras*, por excessiva sudação e perda exagerada de cloreto de sódio, causando dolorosas contrações. Em se tratando

da exposição prolongada ao calor radiante pode causar *termodermatites*, muitas vezes degenerando em câncer de pele. No globo ocular, a ação prolongada de raios infravermelhos, sem a devida proteção, pode causar *afecções oculares* como conjuntivite e catarata, por exemplo.

Reduções das reações em termos da rapidez e da agilidade mental podem ser consequências do trabalho em ambientes com temperaturas elevadas, aumentando a probabilidade de ocorrências de acidentes além de afetarem declaradamente a produtividade.

O rendimento do trabalho permanece próximo a 100% até a temperatura de 18 °C, quando então passa a cair linearmente, na proporção de 5,3% por grau de elevação, como visto na figura 23. Observe-se, entretanto, que os dados citados correspondem a respostas de operários de clima frio não sendo necessariamente correspondente aos de país de clima tropical, como é o caso do Brasil, se levando em consideração a adaptabilidade do corpo ao clima no qual esta está inserida.

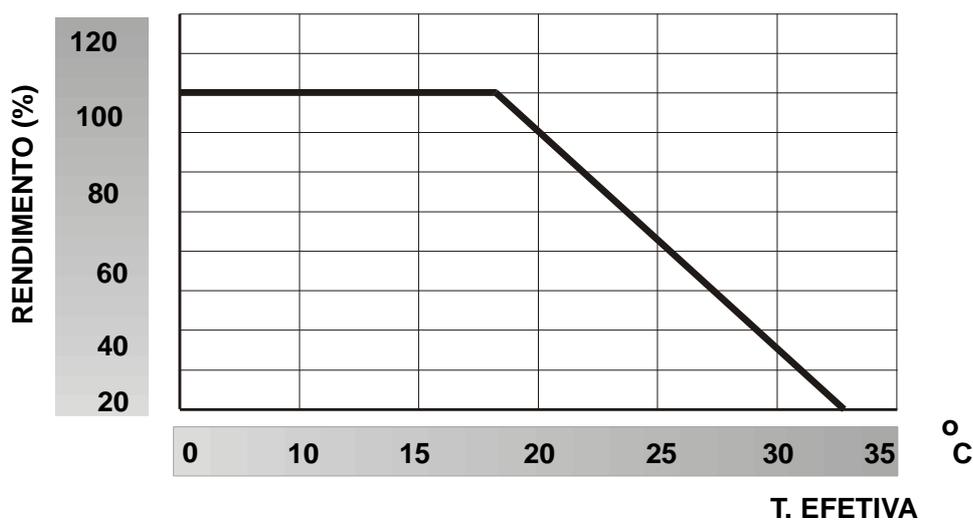


Figura 23 – Gráfico Rendimento x Temperatura efetiva – Fonte: Fanger (1972)

Há que se levar em conta ainda não haver confirmação de que um ambiente mantido permanentemente em condições ótimas de conforto possa resultar benefício para a saúde, já que variações dentro dos limites considerados de conforto indicados em várias cartas de conforto provocam reações orgânicas que alguns pesquisadores consideram saudáveis, portanto, convenientes.

O que se pode dizer e estão provadas são as consequências prejudiciais decorrentes da utilização de ambientes desconfortáveis que produzem fadiga,

extenuação física e nervosa, diminuição de rendimento, aumento de erros e de acidentes de trabalho, além de expor o organismo a inúmeras doenças.

2.9.4 Ambiência Acústica

As fontes sonoras ou de ruído podem ser classificadas como fixas (indústrias, discotecas, clubes, obras de construção civil) ou como fontes móveis que é o caso do tráfego de veículos (aviões, trens, ônibus, automóveis, motocicletas). Outra maneira de considerá-las seria com base em suas características geométricas, comparando suas dimensões com as do receptor e também com a distância entre a fonte e o receptor. Deste modo, as diversas fontes sonoras podem ser vistas como fontes pontuais, lineares ou de superfície.

Uma fonte pontual apresenta dimensões bem menores do que a sua distância ao receptor (ouvinte). Segundo Brüel e Kjær (2000), neste caso a energia sonora se dissipa, esfericamente, de modo que o nível de pressão sonora é o mesmo para todos os pontos de mesma distância. Além disso, esse nível sofre uma redução de 6 decibéis (dB) à medida que se duplica o afastamento entre a fonte e o ouvinte, desconsiderando as interferências devido ao solo e ao ar, ou seja, em situação de campo livre. Segundo essas condições, as indústrias, discotecas e áreas de lazer podem ser vistas como exemplos de fontes pontuais.

Segundo Brüel e Kjær, 2000; Niemeyer e Slama (1998), as fontes lineares se caracterizam por possuir uma de suas dimensões bem maior em relação à distância fonte – receptor. O som sofre dissipação de forma cilíndrica e o nível sonoro se apresenta, igualmente, para todos os pontos de mesma distância à linha de eixo da fonte. Nesta situação, o nível de pressão sonora decai de 3 dB a cada duplicação da distância entre o ouvinte e a fonte. Ressalta-se também, que para isso ocorrer, não devem existir interferências do solo e nem do ar. Assim, uma via de circulação de veículos pode ser modelada como uma fonte linear de grande comprimento.

Por fim, uma fonte de superfície apresenta duas de suas dimensões comparáveis ao distanciamento entre a fonte e o receptor. Gerges (2000) afirma que a transmissão do ruído através de portas, janelas ou paredes de uma edificação representa, claramente, esse tipo de situação. Niemeyer e Slama (1998) comentam que essa forma de classificação se mostra um tanto flexível, dependendo, na maioria das vezes, do contexto em análise. Assim, não seria errado entender uma indústria como fonte de superfície dentro da dimensão de

um bairro, e nem tampouco considerá-la como fonte pontual numa escala maior, por exemplo, a cidade.

2.9.4. (i) Efeitos do ruído no corpo humano

A exposição ao ruído é capaz de causar alterações extra-auditivas tais como:

- ✓ Ansiedade;
- ✓ Insônia;
- ✓ Nervosismo;
- ✓ Cefaléia; e
- ✓ Irritabilidade.

Ambientes com ruídos entre 60 e 115 dB são propícios ao aparecimento de hipertensão sendo que quanto maior o tempo de exposição, piores serão os resultados, independentemente da idade do indivíduo, conforme a seguir:

- ✓ Efeitos Psicofisiológicos - No aparelho digestivo, o ruído provoca alterações nos movimentos peristálticos e o aumento da produção de ácido clorídrico (HCl) que é normalmente secretado no estômago. As alterações peristálticas, dependendo do organismo de cada um, podem provocar diarreias ou prisão de ventre. Já o aumento na produção de HCl é responsável pelo aparecimento de gastrites e úlceras;
- ✓ A exposição ao ruído é capaz de causar perdas auditivas como:
 - Anacusia;
 - Hipoacusia;
 - PAIR (perda auditiva induzida pelo ruído);
 - Trauma acústico; e
 - Zumbido.
- ✓ Segundo Araújo e Regazzi (2002) a perda auditiva ou hipoacusia é a diminuição da capacidade de perceber os sons e é

caracterizada pelo tipo de perda (perda condutiva, sensorial ou neural), localização, grau de perda e condição que a causa;

- ✓ Segundo Acoem (2002) a PAIR é aquela que se desenvolve lentamente ao longo do tempo (muitos anos) como resultado da exposição contínua ao ruído elevado;
- ✓ A Revista Proteção (2004) publicou um estudo realizado pela delegacia regional da Bahia entre 1992 e 1994 revelou uma prevalência de 35,7% de perda auditiva entre os trabalhadores da região metropolitana de Salvador.

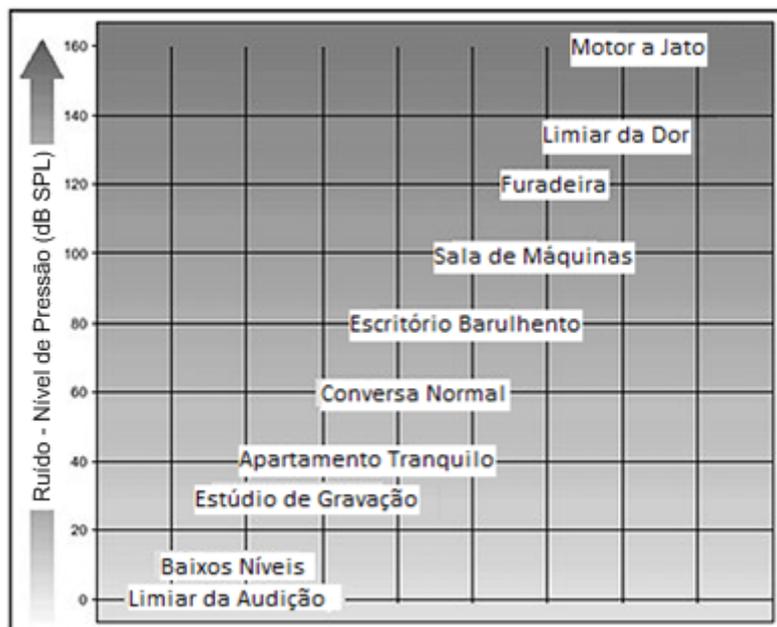


Tabela 2 – Tabela de Ruído em decibéis (dB) – Fonte:Stevens e Warshofsky (1965, p. 173.)

A Tabela 2 ilustra o nível de ruído que encontramos nos mais diversos ambientes que fazem parte do nosso cotidiano, de uma apartamento aparentemente considerado silencioso até a turbina de uma aeronave a jato, no caso do nosso objeto de estudo.

2.9.5 Normas ABNT

A Norma NBR 10152 tem por objetivo fixar os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, onde ela trata as questões relativas a riscos de danos à saúde em decorrência do ruído através de normas específicas.

A aplicação desta Norma não exclui as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto, quando estas forem necessárias.

Além da NBR 10152, se faz necessária a aplicação e consulta às normas complementares da ABNT e no caso algumas internacionais como do IEC (International Engineering Consortium), como as citadas a seguir:

- ✓ NBR 10151 - Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade;
- ✓ IEC-225 *Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sound and vibrations*; e
- ✓ IEC-651 *Sound level meters*

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) forneceu as diretrizes e parâmetros mínimos para a avaliação e acompanhamento da audição dos trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevada através da Portaria Nº 15 (<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>), onde um dos itens mais abordados dessa portaria é o exame audiométrico ou audiometria tonal limiar ou simplesmente audiometria.

2.10 Riscos na área de manutenção

A manutenção de aeronaves é uma atividade que produz grande número de erros e que estes erros podem causar várias consequências, já citados em várias oportunidades neste trabalho. Ela atrai uma grande proporção de fatores humanos envolvidos em ampla escala de tecnologias que oferecem riscos. Mesmo com os métodos comuns de segurança e Sistemas de Gerenciamento de Qualidade sendo arduamente estudados e implementados, o risco na atividade de manutenção nunca pode ser inteiramente eliminado. Além dos problemas causados à integridade dos equipamentos aeronáuticos que estão envolvidos na manutenção, o fator humano também está sujeito a vários riscos ambientais envolvidos nesta tarefa.

De acordo com a NR-9 (http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf) da Portaria Nº 25 de 29 de dezembro de 1994, os agentes potenciais de danos à saúde do trabalhador, podem ser definidos como sendo:

- a) **Agentes físicos:** ruídos, vibrações, radiações ionizantes, radiações não-ionizantes, frio, calor, pressões anormais e umidade.
- b) **Agentes químicos:** poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases, vapores e substâncias, compostos ou produtos químicos em geral.
- c) **Agentes biológicos:** vírus, bactérias, protozoários, fungos, parasitas e bacilos.
- d) **Riscos ergonômicos:** esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso. Exigência de postura inadequada, controle rígido de produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno e noturno, jornadas de trabalho prolongadas, monotonia e repetitividade, além de outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico.
- e) **Riscos de acidentes:** são situações de trabalho cujo arranjo físico é inadequado, as máquinas e equipamentos estejam sem proteção, as ferramentas são inadequadas ou defeituosas, iluminação inadequada, risco de choque elétrico, probabilidade de incêndio ou de explosão, armazenamento inadequado, animais peçonhentos além de outras situações de risco, que podem contribuir para a ocorrência de acidente.

A organização deverá providenciar a elaboração de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, cujo conteúdo deverá atender na íntegra o que preconiza a NR-9 do Ministério do Trabalho e Emprego e as diversas legislações do Ministério da Previdência em especial o Decreto n. 3.048/1999 e a Instrução Normativa n. 99/2003. Além disso, deverá se estender a todas as áreas e ambientes de trabalho ocupados pela empresa, estando articulado com o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – (PCMSO).

Para minimizar os problemas relacionados ao ambiente de trabalho, existem várias ferramentas para colaborar na redução dos problemas inerentes à atividade de manutenção. Uma delas foi publicada pelo próprio Ministério do Trabalho, com as portarias publicadas pelo Departamento Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador – DNSST, onde os mapas de riscos são de suma importância na redução dos problemas relacionados aos riscos ambientais, conforme determina a NR (MTE-Brasil, 1978).

As melhores práticas em relação aos mapas de riscos são citadas a seguir:

2.10.1 Mapa de Risco

Mapa de Risco é uma representação gráfica de um conjunto de fatores presentes nos locais de trabalho, capazes de acarretar prejuízos à saúde dos trabalhadores: acidentes e doenças de trabalho. Tais fatores têm origem nos diversos elementos do processo de trabalho (materiais, equipamentos, instalações, suprimentos e espaços de trabalho) e a forma de organização do trabalho (arranjo físico, ritmo de trabalho, método de trabalho, postura de trabalho, jornada de trabalho, turnos de trabalho, treinamento, etc.).

O mapa é um levantamento dos pontos de risco nos diferentes setores das empresas e trata de identificar situações e locais potencialmente perigosos. A partir de uma planta baixa de cada seção são levantados todos os tipos de riscos, classificando-os por grau de perigo: pequeno, médio e grande.

Estes tipos são agrupados em cinco grupos classificados pelas cores vermelho, verde, marrom, amarelo e azul. Cada grupo corresponde a um tipo de agente: químico, físico, biológico, ergonômico e mecânico.

A ideia é que os funcionários de uma seção façam a seleção apontando aos membros da CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes os principais problemas da respectiva unidade. Na planta da seção, exatamente no local onde se encontra o risco (uma máquina, por exemplo) deve ser colocado o círculo no tamanho avaliado pela CIPA e na cor correspondente ao grau de risco.

O mapa deve ser colocado em um local visível para alertar aos trabalhadores sobre os perigos existentes naquela área. Os riscos serão simbolizados por círculos de três tamanhos distintos: pequeno, com diâmetro de 2,5 cm; médio, com diâmetro de 5 cm; e grande, com diâmetro de 10 cm.

Quando num mesmo local houver incidência de mais de um risco de igual gravidade, utiliza-se o mesmo círculo, dividindo-o em partes, pintando-as com cor correspondente ao risco. Dentro dos círculos deverão ser anotados o número de trabalhadores expostos ao risco e o nome do risco, conforme informado na tabela 03.

Simbologia das Cores			Risco Químico Leve		Risco Mecânico Leve
No mapa de risco, os riscos são representados e indicados por círculos coloridos de três tamanhos diferentes, a saber:			Risco Químico Médio		Risco Mecânico Médio
			Risco Químico Elevado		Risco Mecânico Elevado
			Risco Biológico Leve		Risco Ergonômico Leve
	Risco Biológico Médio		Risco Ergonômico Médio		Risco Físico Médio
	Risco Biológico Elevado		Risco Ergonômico Elevado		Risco Físico Elevado

Tabela 3 – Cores usadas no Mapa de Risco e Tabela de Gravidade - Fonte: CIPA (2011)

A empresa receberá o levantamento e terá 30 dias para analisar e negociar com os membros da CIPA ou do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), se houver, prazos para providenciar as alterações propostas, conforme exemplo mostrado na figura 24. Caso estes prazos sejam descumpridos, a CIPA deverá comunicar a Delegacia Regional do Trabalho.

Notamos que na figura 24 cada área foi avaliada pelo responsável da segurança para determinar qual a gravidade e o risco de cada uma. De acordo com a avaliação, na área administrativa o trabalhador está menos propenso a riscos ambientais, mas a ergonômicos em função das mesas, cadeiras, uso de computador etc. Observamos que as áreas denominadas Linha de Montagem e Tornearia e Soldagem são as áreas mais críticas, pois nelas se concentram todos os riscos possíveis de acordo com as Normas do Ministério do Trabalho.

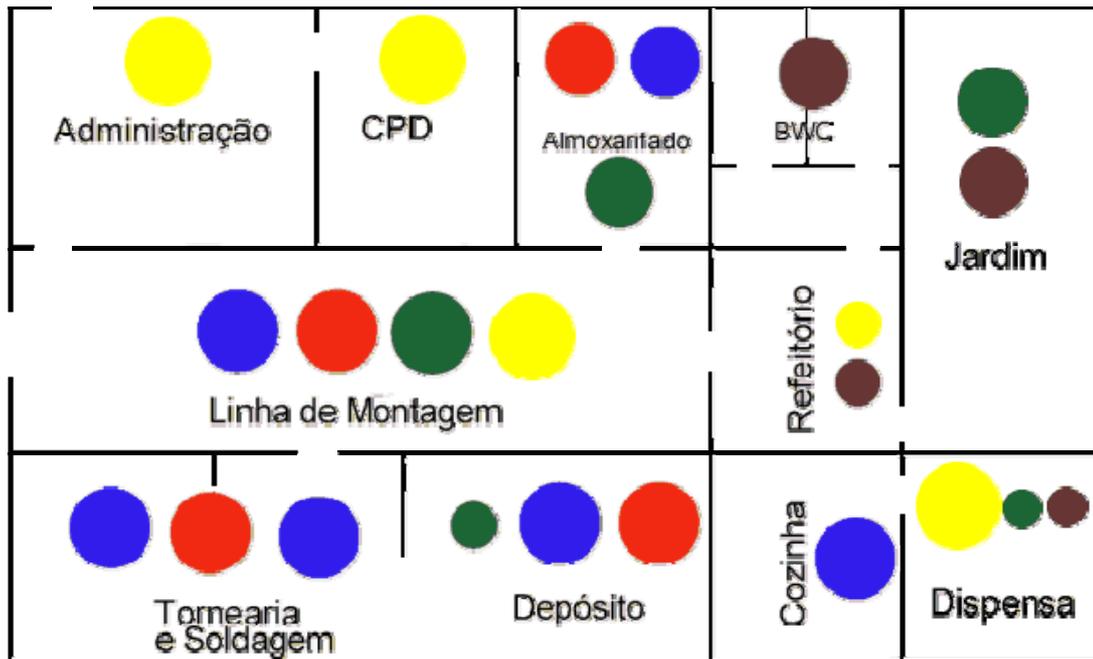


Figura 24 – Modelo de mapa de riscos – Fonte: Magalhães (2010)

2.10.2 Riscos Físicos

Quando trabalhador está em um ambiente seguro e saudável, este é um fator essencial da qualidade de vida e para o desempenho da sua atividade. Todavia existe um significativo número de doenças de origens ambientais que podem vir a prejudicar não só o desempenho do trabalhador, como também lhe causar acidentes que podem ser fatais. Entre os importantes fatores que expõem o trabalhador a riscos estão os campos eletromagnéticos e as substâncias químicas ou compostos biológicos que representam perigos potenciais para a saúde. A organização deve adotar normas e medidas que contribuam para um ambiente mais seguro para todos os trabalhadores.

No Brasil a regulamentação sobre este tema, conforme a Lei No 6514, de 22 de dezembro de 1977, estipula algumas Normas Regulamentadoras (NR) para a Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Dentre estas Normas, a NR 5 apresenta um mapeamento de riscos com o objetivo de reunir as informações necessárias para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde no trabalho na empresa e de possibilitar, durante a sua elaboração, a troca e divulgação de informações entre os trabalhadores, bem como estimular sua participação nas atividades de prevenção. Sendo assim, a categorização apresentada na NR 5 classifica os principais riscos ocupacionais em 5 (cinco) grupos de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes: Grupo verde - riscos físicos; grupo vermelho - riscos químicos;

grupo marrom - riscos biológicos; grupo amarelo - riscos ergonômicos e grupo azul - riscos de acidentes.

Na área de aviação, analisando superficialmente e cumprindo as normas que regem a segurança do trabalho, regidas pelo Ministério do Trabalho, estes riscos podem ser minimizados, desde que o trabalhador seja conscientizado e receba os treinamentos necessários para atuação nesta área. Avaliando e discutindo dentro do tema da aviação, assim como em outras áreas, Legislação brasileira (NR 5) é a base utilizada no amparo aos trabalhadores, especialmente nos momentos onde exige-se uma perícia técnica (elaboração de laudos periciais), o pagamento de insalubridade, dentre outros aspectos legais. Mattos (1992) ressalta que apesar das normas estarem mal estruturadas e com falhas importantes, estas são consideradas como um avanço mínimo na parte relacionada diretamente com as condições de trabalho.

2.11 A realidade do trabalho do mecânico de aeronaves

Existem muitas escolas de formação de mecânicos de manutenção aeronáutica no Brasil, principalmente no eixo entre Rio Grande do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Apesar disso, com o aumento da demanda por serviços de manutenção e da exigência de qualificação específica por parte das autoridades aeronáuticas, o número de profissionais formados anualmente ainda está muito aquém do esperado.

São relativamente poucas escolas em relação ao tamanho da nossa aviação, mas por outro lado também há a falta de estímulo para que os jovens procurem esta profissão. A Manutenção de aeronaves passou nos últimos anos por uma situação pouco comum. Grandes empresas aéreas faliram e deixaram muitos profissionais no mercado com ótima qualificação e experiência o que facilitou a vida das demais empresas, pois contrataram pessoas prontas para a atividade que requer no mínimo 05 anos para formação total. Isto fez com que a abertura de vagas nas empresas, para jovens recém-formados, não acompanhasse a oferta de mão-de-obra que estava sendo lançada no mercado pelas escolas em meados da década de 90. Tal situação causou um desestímulo aos jovens e as escolas a continuarem a formação de mecânicos.

As escolas não tem alunos suficientes matriculados e os jovens não veem mais a profissão como uma grande oportunidade, já que as poucas vagas surgiram no mercado com muita concorrência e os salários não eram atraentes. Com o passar de mais uma década, os profissionais da ativa nas empresas

aéreas começaram a se aposentar e começaram a surgir lacunas que foram preenchidas por mão-de-obra não qualificada, mas que aprendiam os serviços supervisionados por profissional devidamente licenciado pelo DAC (atual ANAC). Hoje, acontece que o número de profissionais devidamente licenciados e com experiência, vem diminuindo a cada ano devido à aposentadoria desses especialistas e há necessidade de se repor mão-de-obra. O que está ocorrendo hoje é uma procura grande de pessoas que já trabalham nas empresas e não possuem ainda o CHT (Certificado de Habilitação Técnica) que procuram curso de formação para poderem prestar a banca da ANAC e conseguirem certificação.

A realidade brasileira mostra que a ausência de profissionais certificados pode gerar problemas não só de natureza técnica, mas principalmente referente à segurança de vôo. Por mais que estes profissionais sejam preparados por técnicos licenciados, os mesmos não têm uma formação completa, acarretando problemas dos mais diversos.

2.11.1 Ocorrências de incidentes e acidentes

Durante a operação de suporte a uma aeronave, seja ela em trânsito ou mesmo em manutenção programada, podem ocorrer diversas situações que podem gerar problemas com incidentes ou mesmo acidentes. Abaixo segue a relação dos maiores fatores de ocorrências de erros de manutenção causando problemas nas aeronaves:

a) Sistema operado de forma insegura durante a manutenção:

Ativando um sistema de aeronave tais como abas ou reversores quando não era seguro fazê-lo, seja porque o pessoal ou equipamento estava nas proximidades, ou o sistema não estava devidamente preparado para a ativação.

b) Caso de reboque:

A ocorrência de segurança que ocorreu enquanto uma aeronave estava sendo rebocado.

c) A instalação incompleta, todas as partes presentes:

Apesar de todas as partes necessárias estivessem presentes, o procedimento de instalação não foi concluída. Por exemplo, uma conexão pode ter sido deixado "bem apertado" em vez de torque.

d) Pessoal em contato com o perigo:

Um trabalhador entrou em contato com um perigo que causou ou teve o potencial de causar ferimentos. Incluem choques elétricos, quedas e exposição a fluidos de aeronaves ou outros produtos químicos.

e) Veículo ou equipamento colidindo com aeronaves:

Um avião parado sofreu uma colisão por um veículo ou equipamento de manutenção, tais como escadas ou stands móveis.

f) A montagem incorreta ou orientação:

Um componente foi instalado ou montado incorretamente.

g) Material deixado em aeronaves:

Item relacionado à manutenção, tais como uma ferramenta foi inadvertidamente deixada para trás por um funcionário da manutenção.

Um estudo destinado a identificar problemas de segurança na manutenção, com especial ênfase sobre os fatores humanos, foi distribuído aos Engenheiros Licenciados de Manutenção de Aeronaves (LAMES - Licensed Aircraft Maintenance Engineers - 2001) na Austrália. Como resultado, o australiano Transport Safety Bureau apresentou a seguinte análise através das tabelas 4, 5 e 6 a seguir.

Abaixo o resultado da pesquisa da TSBA (Transport Safety Bureau da Austrália) sobre as maiores fatores causais de acidentes e incidentes causados por manutenção:

Podemos notar que na tabela 4 a maior incidência concreta esta nos sistemas da aeronave operados com insegurança, sendo que o fator de reboque também apresenta um número considerável. Notamos que embora seja um procedimento que seria considerado normal, o fechamento de tampa e painéis tem um índice menor, mas nem assim irrelevante.

Descrição	Avião	Outros equipamentos
Sistema operado com insegurança durante a manutenção	18%	7%
Ocorrência com reboque	9%	3%
A instalação incompleta, embora todas as partes estivessem presentes	8%	9%
Pessoal em contato com o perigo	7%	9%
Veículo ou equipamento colidindo com aeronaves	7%	1%
A montagem ou orientação incorreta	6%	11%
Material deixado em aeronaves	4%	5%
Parte danificada durante o reparo	4%	2%
Painel ou tampa não está fechada	3%	3%
Equipamento / peça instalada incorretamente	3%	4%
Parte não instalada	3%	6%
Serviços necessários não realizados	3%	4%
Degradação não encontrada durante vistoria	3%	5%
Outras	24%	31%

Tabela 4 – Resultado de ocorrências de segurança – Fonte: LAMES (2001)

Um dos aspectos que observamos na tabela 5 é que a incapacidade de ver o local aonde o mecânico esta atuando aparece com um dos menores fatores. Mas se tratando de uma aeronave, cujos componentes tem que ser devidamente conferidos, significa que, quando da concepção do projeto, os responsáveis não se preocuparam em criar condições do mecânico visualizar o que estava fazendo.

Outro fator que nos chama a atenção é o fato do lapso de memória ser o principal fator relatado nesta pesquisa. Neste fator podemos considerar o esquecimento de montagem de partes da aeronave, deixar travas acionadas e liberar a aeronave, no caso o pino de travamento do trem de pouso entre outro exemplos.

Atos inseguros em Ocorrências	Avião	Outros equipamentos
Lapso de memória	21%	20%
Processo de atalho	16%	21%
Erro do conhecimento	11%	18%
Distração ou deixar material cair	9%	11%
Falha na verificação	6%	2%
Ação indesejada	3%	6%
Incapacidade de ver	5%	6%

Tabela 5 – Fatores de ocorrências – Fonte: LAMES (2001)

A tabela 6 mostra como alguns fatores organizacionais estão presentes nestes resultados, onde a pressão do tempo e da exigência da tarefa ser perfeita aparece em primeiro plano, sendo que os fatores dos procedimentos e manuais estarem inadequados também aparecem de forma relevante.

Fatores de Ocorrência	Avião	Outros equipamentos
Pressão	21%	23%
Fadiga	13%	14%
Coordenação	10%	11%
Formação	10%	16%
Supervisão	9%	10%
Falta de equipamentos	8%	3%
Meio Ambiente	5%	1%
Documentação inadequada ou incompleta	5%	4%
Procedimento inadequado ou incompleto	4%	4%

Tabela 6 – Fatores de ocorrências – Fonte: LAMES (2001)

2.12 Trabalho prescrito e trabalho real - tarefa e atividade

Assim como em qualquer atividade produtiva, a aviação também passa pelas avaliações dos trabalhos prescritos e trabalhos reais. As variáveis envolvidas em torno de um mecânico, ou qualquer um que esteja envolvido na área de manutenção, passa por situações que nem sempre a tarefa está totalmente compatível com a atividade. Isto ocorre devido às circunstâncias que nem sempre estão nas mãos dos operadores, como fatores organizacionais. Embora o executor normalmente busque uma tarefa o mais próximo possível da perfeição, alguns erros podem causar problemas dos mais diversos, como citado no item anterior.

Segundo citado no artigo de Daniellou, Laville e Teiger (1989), a formulação teórica de trabalho prescrito tem uma referência clássica em Ergonomia. Os autores o concebem assim : "(...) maneira como o trabalho deve ser executado: o modo de utilizar as ferramentas e as máquinas, o tempo concedido para cada operação, os modos operatórios e as regras a respeitar." (p. 48) O estudo do trabalho prescrito em Ergonomia centra-se na análise das tarefas (Leplat e Hoc 1992; Montmollin, 1995; Guérin e cols., 2001). As tarefas *desenham a face* da dimensão prescrita do trabalho nas organizações e se configuram como um pressuposto na qual se apoiam os modelos de gestão, sobretudo, de filiação Taylor-Fordista. No enfoque da Ergonomia, segundo Montmollin (1990), a tarefa é entendida como aquilo que está posto ao trabalhador ou o que se espera que ele faça.

Geralmente, na literatura, a noção de trabalho prescrito contempla duas dimensões complementares. A primeira diz respeito ao trabalho teórico, *lato sensu*, que aparece sob a forma das representações sociais existentes no contexto produtivo e expresso nos diferentes modos de olhar dos sujeitos. A segunda toma a forma mais acabada de tarefas circunscritas em situações específicas que dão visibilidade à chamada organização do trabalho.

Leplat e Hoc (1983), citam que o conceito de tarefa pode ser definido como um objetivo posto em condições determinadas, para um sujeito determinado. Na literatura, a noção de tarefa é muito variada, bem como a ênfase em distintos aspectos: comportamentos esperados; objetivos visados, equipamentos, materiais e instrumentos disponibilizados; normas, rotinas, procedimentos e regulamentos etc. No contexto organizacional, conforme Cru (1988), as tarefas podem estar

reunidas nos manuais, códigos de conduta, estatutos etc., como podem aparecer sob o formato de regras informais de *métier*¹⁴.

Os tipos de estratégias de mediação individuais e coletivas dos trabalhadores são: as operatórias; as de mobilização coletiva e as defensivas. Tais estratégias constituem especificidades conceituais em Ergonomia da Atividade (estratégias operatórias) e Psicodinâmica do Trabalho (estratégias de mobilização coletiva e as estratégias defensivas).

2.12.1 A tarefa, sequência do trabalho prescrito

A tarefa tem uma função estratégica na divisão (social, técnica, hierárquica) do trabalho e ela nasce, sobretudo, do trabalho de profissionais de Organização e Métodos (O e M) que buscam prescrever as atividades dos trabalhadores. De forma abreviada, o conceito de tarefa expressa a (Ferreira, M.C., no prelo) "(...) operacionalização do trabalho prescrito em termos de objetivo(s) estabelecido(s) em condições determinadas, para um sujeito ou um coletivo de trabalhadores." Assim, a tarefa é a face visível do trabalho prescrito sob a forma de: cumprimento de metas; modos de utilização do suporte organizacional; cumprimento de prazos; e obediência aos procedimentos e às regras.

As principais características da tarefa são: ela sempre antecede a atividade; veicula explícita ou implicitamente um modelo de sujeito; e requer do sujeito dupla atividade de elaboração mental e de execução manual. Nas organizações, a tarefa pode aparecer sob diferentes formas: descrição formal ou informal; instrumentos e meios de informação; procedimentos; regras detalhadas e estritas, entre outras. Diferenciando-se nitidamente da noção de tarefa, a noção de atividade adjetiva a denominação da própria disciplina: Ergonomia da Atividade. Segundo (Montmollin, 1990; Wisner, 1984), sua importância teórico-metodológica é fundamental nesse enfoque).

2.12.2 Descompasso entre o Trabalho Prescrito e Trabalho Real: Indicadores Críticos na Aviação

A discrepância entre o trabalho prescrito e o trabalho real tem sido amplamente apontada pela literatura como em Daniellou, Laville e Teiger (1989); Ferreira e Araújo (1998); Abrahão (2000); Guérin e cols. (2001); Mendes e Abrahão (1996), enfatizando suas implicações e seus efeitos para o bem-estar dos trabalhadores,

¹⁴ *Ofício, função, trabalho.*

a eficiência e a eficácia do processo produtivo. Tal discrepância, conforme corrobora resultados de pesquisas e intervenções, impacta negativamente na instituição como um todo.

O descompasso, em síntese, agrega dificuldades aos trabalhadores, pois reduz a margem de manobra para responder satisfatoriamente às exigências presentes nas situações, gerando, em consequência, uma sobrecarga de trabalho e aumento do custo humano da atividade. As consequências da distância entre a tarefa e a atividade demandam uma carga de trabalho que impacta nos componentes físicos, cognitivos e psíquicos, originando sintomas físicos como ressaltado por Daniellou, Laville e Teiger (1989): fadiga física (produzindo a incidência de dores lombares, dorsais, ombros e pescoço); fadiga mental (expresso sob a forma de cansaço mental, sensação de esgotamento) e fadiga nervosa (expresso sob a forma manifestações de ansiedade, medo, frustração).

Esse trajeto teórico sucinto nos conceitos de trabalho prescrito (tarefa) e trabalho real (atividade) conduzem às outras categorias centrais para o objetivo deste texto, ou seja, as noções de prazer e sofrimento no trabalho sob a ótica da Psicodinâmica do Trabalho.

Na aviação estes conceitos se mostram evidentes quando da passagem de uma aeronave em trânsito em um aeroporto, onde a depender da quantidade de aeronaves no pátio simultaneamente, do tamanho da equipe e da quantidade de profissionais disponíveis, pode vir a prejudicar que o mecânico de aviação faça seu trabalho de forma adequada devido a pressão do tempo para liberação da aeronave. Conforme legislação do DAC, as empresas operadoras de aeronaves devem contratar um profissional habilitado em Segurança de Voo para fazer parte do seu quadro de funcionários e é de bom senso que empresas de manutenção também o façam. O profissional da Segurança de Voo, Elemento Credenciado em Prevenção - EC-PREV, Agente de Segurança de Voo - ASV, ou Oficial de Segurança de Voo - OSV tem padrões críticos de julgamento e dedica grande parte do seu tempo no estudo dos métodos de prevenção de acidentes aeronáuticos. A Vistoria de Segurança é desta forma, grande ferramenta para o rastreamento das situações de risco e suas correções. Em pesquisas realizadas no Brasil e divulgadas pelo DAC (hoje ANAC), e depois de serem computados os resultados de várias vistorias efetuadas por aquele órgão, existem ainda diversas não conformidades nos sistemas, segundo o Quinto Serviço Regional de Aviação Civil - SERAC 5 - Seminário de Segurança de Voo em Manutenção – 2003.

Principais não-conformidades dos sistemas de manutenção aeronáutica no Brasil:

- ✓ Falta de relação de controle dos Manuais (dos fabricantes) e status de revisões desses manuais, o que garante a sua atualização;
- ✓ Uso de cópias ao invés do original do Manual de Manutenção do Componente (CMM), o que não é aceito pelas autoridades aeronáuticas;
- ✓ Falta de Coletânea de Diretrizes de Aeronavegabilidade, que são as instruções corretivas expedidas pelos fabricantes para a execução de serviços em material que apresentou falhas;
- ✓ Falta de calibração em instrumentos e ferramentas de precisão, muito utilizadas para garantir torques e medidas;
- ✓ Recebimento de peças e estocagem. Vários materiais encontrados em estoque nas empresas estavam sem condições de rastreabilidade ou até mesmo não havia um controle de peças neste estoque;
- ✓ Falta de controle de temperatura e umidade do estoque ou da oficina;
- ✓ Equipamentos eletrônicos guardados sem embalagem e descansados diretamente em prateleiras metálicas.

Os procedimentos incorretos durante uma inspeção ou manutenção podem causar vários problemas, que pode ir desde um simples problema que não acarretará sérias consequências na segurança do voo, até mesmo uma parada de motores em pleno ar.

Segundo a Boeing, em seu boletim Maintenance Error Decision Aid. Seattle, Boeing Commercial Airplane Group-1994, as causas mais comuns para estas ocorrências de parada de motor em voo por erros de manutenção são sete:

- ✓ Instalação incompleta - 33%;
- ✓ Estragos nas peças durante a instalação - 14,5%;
- ✓ Instalação imprópria - 11 %;
- ✓ Equipamento não instalado ou perdido - 11%;
- ✓ Danos por Objetos Ingeridos (FOD) - 6,5%;
- ✓ Falta de isolamento, inspeção e teste - 6%;
- ✓ Equipamento não ativado ou não desativado - 4%.

2.12.3 Mecânico de Manutenção: o trabalho prescrito e o trabalho real

Este sub-capítulo apresentará as características da tarefa do mecânico quando esta no seu posto de trabalho, descrevendo que este profissional sofre as exigências que muitas vezes contribui para alterar suas condições físicas, emocionais e cognitivas na execução da sua tarefa.

2.12.3. (i) A atividade do mecânico

A ênfase deste sub-capítulo aponta para os problemas relacionados às consequências das exigências da profissão que, na maior parte das vezes, permanecem restritas ao pátio de aeronaves durante o transito ou nas oficinas de manutenção. Estas consequências que normalmente não podem ser expostas, na maioria das vezes podem trazer problemas sérios para o futuro do profissional.

O resultado desta não exposição tem consequências, muitas vezes, fatais para os usuários do sistema, como passageiros, tripulantes e em alguns casos pessoas no solo. Problemas como cansaço, fadiga, sub-qualificação, falta de treinamento apropriado e falta de equipamento, gestão, falta de consciência de situação, falta de clareza de instruções específicas e relatos de missão, efeitos do estresse e fadiga são fatores contribuintes para o aumento destes problemas. Estes problemas claramente conduzirão à limitação do desempenho e de capacidade de analisar de erros, à redução no desempenho das tarefas, à incapacidade de resolução de conflitos, à indecisão em momentos críticos, aos erros de navegação, à distração nas oficinas e nos pátios dos aeroportos, ao erro de julgamento e aos problemas de comunicação e linguagem, à perda da eficiência no funcionamento mental e físico, à irritabilidade e descontrole emocional, às tendências para distorção perceptiva e à confusão mental.

2.12.3. (ii) Descrição da tarefa do mecânico de aviões

Segundo Santos (2001), uma das características da aviação comercial é a bem definida hierarquização das funções. Normalmente as empresas aéreas têm em seu organograma o Diretor de Manutenção, que responde diretamente ao Presidente da Corporação e outros conforme a figura 25. Existe toda uma hierarquia dentro de uma oficina de manutenção, assim como no pátio de aeronaves de aeroportos durante o trânsito. Na equipe sempre deveriam existir pelo menos três mecânicos para atendimento a uma aeronave, mas como

sabemos, muitas vezes existem mais aeronaves nos pátios do que mecânicos disponíveis.

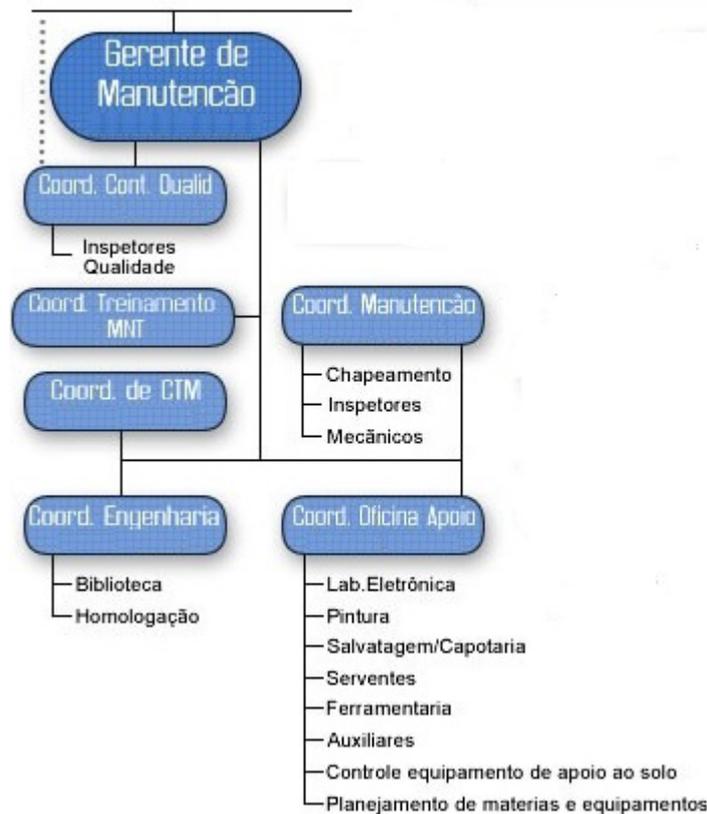


Figura 25 - Descrição de um organograma de um setor de manutenção. Fonte: Aeróleo Taxi Aéreo S.A.

Por ser um processo de trabalho extremamente rígido, com alto grau de padronização das tarefas rotineiras, estabelecidas através do manual de operações da companhia e do fabricante, que além de difundir as diretrizes, os procedimentos, os regulamentos, as normas e as atribuições que regem as manutenções das aeronaves de uma empresa, visam também divulgar os regulamentos oficiais brasileiros e internacionais. Estes ocorrem através de boletim liberados pelo CENIPA, NTSB, ASN, entre outros.

2.12.3. (iii) Situação de trabalho

O mecânico embora tenha uma gerência ao qual ele responde, sempre está em contato com a tripulação durante o trânsito de uma aeronave, principalmente na figura do comandante, que é o responsável pela condução da aeronave. O comandante é quem decide se a aeronave está em condições de voo, mesmo

com o mecânico informando que a mesma está apta à voar. Isto ocorre quando há problemas onde se dá a necessidade de consulta do livro "GO-NO GO". Este livro dá as informações sobre as condições, de acordo com o manual dos fabricantes e normas da aeronave, se esta pode prosseguir voo mesmo estando com alguma situação que requer algum tipo de manutenção. Assim mesmo cabe ao comandante da aeronave decidir se a mesma irá cumprir uma próxima etapa de voo.

2.12.3. (iv) As tarefas do mecânico de aeronaves

O "Aircraft Logs" é um termo abrangente que se aplica ao diário de bordo da aeronave e todos os registros suplementares relacionados com a aeronave. Podem vir em uma variedade de formatos, onde para um pequeno avião, o registro ou diário de bordo pode certamente ser um pequenos livros de 5" x 8". Já nas aeronaves maiores, o diário de bordo são muitas vezes maiores, onde as folhas são fixadas com argolas, com três suportes. Quando as aeronaves que estão em serviço por um longo tempo, são susceptíveis de ter vários diários de bordo, a depender da quantidade de atividades e áreas que forem atuar na mesma.

O diário de bordo da aeronave é o local onde são registrados todos os dados relativos à aeronave. As informações recolhidas neste diário de bordo são usadas para determinar a condição das aeronaves, datas de inspeções, tempo em células de reparo, condições de motores e hélices. Ele reflete uma história de todos os eventos significativos ocorridos na aeronave, referente aos seus componentes e acessórios, e fornece um local para indicar a conformidade com as diretivas de aero navegabilidade dos órgãos reguladores internacionais ou "serviço de boletins de fabricantes". Quando o diário de bordo é completo, fica mais fácil entender a manutenção da aeronave e a história dos eventos nela ocorridos.

Quando são concluídas as inspeções, entradas apropriadas devem ser feitas no diário de bordo da aeronave que comprovem que a aeronave está em perfeitas condições de navegabilidade e pode retornar ao serviço. Quando são feitas as entradas no diário, deve-se ter um cuidado especial para garantir que a entrada pode ser claramente entendida por qualquer pessoa, quando da necessidade de alguém acessá-lo no futuro. Quando a entrada é feita a mão, o mecânico deve usar boa caligrafia e escrever de forma legível. Até certo ponto, a organização do diário das aeronaves, sua abrangência e a sua aparência, tem um bom impacto sobre o valor da aeronave. Os diários de alta qualidade podem significar um maior valor para a aeronave.

2.12.3. (v) Checklists

Toda e qualquer vistoria ou inspeção numa aeronave deve ser acompanhada de uma lista de verificação que deverá estar sempre às mãos do mecânico. A lista deve ser retirada do manual da aeronave, fornecida pelo fabricante do equipamento sendo inspecionado. Os seguintes pontos devem estar presentes nesta lista: grupo de fuselagem e do casco, grupo de cabine e cockpit, grupo do motor e gôndola, sistema de trem de pouso, asa e seção central, grupo a estrutura de cada da aeronave, grupo de propulsão (hélice ou a jato), grupo de comunicação e navegação e diversos. Embora esta lista contenha pontos específicos, ela praticamente se aplica a todas as aeronaves. A lista estará disponível no anexo com todos os detalhes dos seus componentes.

Qualquer anormalidade encontrada na aeronave deve ser imediatamente comunicada à tripulação, no caso de aeronave em trânsito e após a correção deve ser imediatamente anotada do diário de bordo, com o maior detalhamento possível da ocorrência. Mesmo um simples fato deve ser registrado, visto que este histórico poderá ser determinante no futuro, em caso de alguma ocorrência referente à aeronave.

2.13 Aspectos cognitivos e complexidade das tarefas

Em Ergonomia, a análise dos aspectos cognitivos é abordada em termos do estudo das representações que os sujeitos constroem *para* e *na* ação visando responder às exigências das situações de trabalho. A abordagem adotada nesse estudo em Ergonomia cognitiva é denominada “representações para a ação” (Weill-Fassina et al., 1993), cujo fundamento central é de matriz piagetiana:

“(...) dispondo de estruturas prontas para funcionar desde o nascimento, o sujeito age de início por assimilação das propriedades das coisas às estruturas psicológicas que ele dispõe ou que lhe são disponíveis em um momento dado, toda resistência a este processo de assimilação colocará conseqüentemente em questão tais estruturas psicológicas obrigando-as a se modificarem, a se transformarem por acomodação, possibilitando uma nova assimilação; ou seja, a transpor a dificuldade posta por esta resistência. Desta forma, pelo intermédio de sua atividade, pela qual observamos a busca permanente do equilíbrio entre as assimilações e as acomodações com os objetos da ação, o sujeito se autoconstrói, se autotransforma, se autorregula e neste processo incessante ele adquire sempre novos conhecimentos cada vez mais complexos.” (Dolle, 1987:16)

Assim, do ponto de vista cognitivo, a estruturação dos objetivos pelo sujeito que orienta a interação com o meio, resulta de um processo de apropriação e de reinterpretação do prescrito pela organização do trabalho. A análise dos processos psicológicos dos trabalhadores é fundamental, pois possibilita compreender como estes identificam e colocam um problema, que informações consideram sobre determinada situação, na perspectiva de planejar e executar suas ações.

Segundo Weill-Fassin et al. (1993), as representações para a ação são definidas como "(...) processos mentais ativos de tomada de consciência e de apropriação das situações nas quais os indivíduos estão implicados e, ao mesmo tempo, são produtos resultados de suas atividades". Elas veiculam, portanto, dois aspectos complementares:

- a) Dimensão produto – manifesto sob a forma de conceitos, de saberes, de *savoir-faire* (*pensamentos desgarrados*), de crenças, de sensações vivenciadas;
- b) Dimensão processo – expresso em termos da elaboração (assimilação-acomodação) de caráter finalístico por meio do qual o sujeito constrói e estrutura seus conhecimentos para interagir com o meio.

Neste enfoque, a abordagem da Ergonomia cognitiva guarda estreita relação com as noções de modelos mentais, esquemas e scripts, tanto pelo aspecto estrutural (procedimentos memorizados), quanto pelo aspecto processual (mudanças das representações em decorrência das situações).

O funcionamento cognitivo do sujeito em situação de trabalho depende não só de sua experiência ou dos seus conhecimentos, mas é também fortemente influenciado pelas propriedades das situações, pelas características do contexto sócio organizacional e pelos meios de trabalho disponibilizados. A interação de tais variáveis impacta sobre as exigências cognitivas do trabalho, podendo facilitar ou dificultar a construção dos modos operatórios apropriados para responder aos imperativos das tarefas.

O grau de dificuldade ou de facilidade, segundo Ferreira (1995), pode ser investigado em termos da complexidade existente no trabalho. Segundo Weill-Fassin (1998) e Leplat (1996), a literatura em Ergonomia aponta alguns critérios gerais que permitem analisar o grau de complexidade das tarefas efetivas de um

ponto de vista cognitivo. Nessa perspectiva, Weill-Fassin (1990) cita que uma tarefa é mais complexa em função das seguintes características:

- a) O número de elementos (massa de informações) que deve ser tratado;
- b) As numerosas interações e coordenações na gestão do processo;
- c) A necessidade de avaliação e antecipação quanto aos procedimentos e aos maus funcionamentos;
- d) O *feedback* lento no retorno das informações;
- e) A ordem mental com acentuada abstração;
- f) A natureza e o número de perturbações existentes; e
- g) O caráter dinâmico e incerto das situações.

Assim, a análise dos aspectos cognitivos constitui uma dimensão fundamental no estudo do trabalho dos sujeitos, para identificar e compreender a eficiência e a eficácia dos modos operatórios ao gerir as situações e responder às solicitações que lhes são postas pelo contexto sociotécnico. Ao dar visibilidade aos mecanismos cognitivos, a Ergonomia fornece um quadro explicativo do processo de regulação da discrepância existente entre o trabalho prescrito e o trabalho real. É esse quadro explicativo (diagnóstico) que cria as condições teóricas para o processo de transformação das condições de trabalho.

2.14 Erro Humano na Aviação

Há um limite de informações que o cérebro pode lidar e esta limitação pode atrair situações inusitadas em que, apesar de estar funcionando normalmente, o volume de dados o faz operar em sobrecarga, e também induzir falhas e erros se considerarmos este ser humano como uma máquina biológica. As figuras 26 e 27 apresentam como a interação humano-máquina podem ser complexas dentro das perspectivas cognitivas, operacionais e físicas, considerando a complexidade dos sistemas que o mecânico de aviação trata no seu trabalho diário. Notamos ainda nas figuras 26 e 27 a complexidade que envolve a operação no momento da manutenção de uma aeronave. Esta complexidade não se inicia no momento da atuação da manutenção, pois antes há todo um planejamento da tarefa, visto que se fazem necessários vários atores para que esta se realize. Este momento é que podemos avaliar devido à grande

quantidade de atores envolvidos, que qualquer falha de um desses profissionais pode desencadear uma série de fatores que poderá resultar desde atrasos na execução, até mesmo em erros que poderão ter consequências drásticas.



Figura 26 – A troca de uma roda de um Douglas DC-10 – Fonte: Autor – Acervo Pessoal



Figura 27– Motor Airbus em manutenção
Fonte: Autor – Acervo Pessoal

É preciso que passos sejam dados rumo à redução da probabilidade de ocorrência de situações susceptíveis de acarretar um problema, uma vez que a operacionalização segura da aviação depende de uma quantidade significativa de interpretações feitas pelo mecânico nas condições específicas do seu trabalho. Quando ocorrem acidentes, estes normalmente são atribuídos devido à falha do piloto, mas em consequência também de problemas de manutenção, deficiência da transmissão de informações do meio externo, do equipamento, seus instrumentos, dos respectivos sinais, sons e mensagens diversas. Citando Rasmussen (1981), as principais características dos erros humanos e falhas são as seguintes:

- ✓ É causa de divergências dos padrões pré-estabelecidos ou existentes;
- ✓ É localizado no rastreamento dos seus efeitos;
- ✓ É aceito nas justificativas razoáveis;
- ✓ Está presente quando identificada uma solução de contrapartida deste erro.

Nestas considerações, o agente humano estará sempre sujeito à fatalidade, que é um fator que não pode ser desprezado. Por causa da complexidade

humana, em geral torna-se difícil convencer, de forma genérica, as pessoas com explicações meramente causais.

Uma análise mais profunda do problema pode incorrer com a identificação de um erro humano, provavelmente originado na fase de projeto/design ou na etapa de fabricação. Nas atividades aeronáuticas, o design no sistema humano/máquina torna-se muito necessário caracterizar e classificar o erro humano confrontando as atividades humano-sistema com desempenho cognitivo.

No confronto humano-sistema, temos que entender o comportamento humano, identificando as variações humanas durante situações normais e conhecidas, e identificando os mecanismos que limitam a capacidade do agente operador em situações pouco conhecidas ou quando submetidas a variações, às vezes imprevisíveis.

Discutir o erro, identificando a sua natureza/dimensões e avaliar os meios para minimizar os seus efeitos é mais importante que identificar as causas. Em outras palavras, é necessário achar o que saiu errado no lugar do “por que”.

2.14.1 Erro Humano – A tecnologia defende o equipamento

De acordo com Beting (2005), uma sequência de fatos e fatores encadeados é o que costuma causar acidentes aéreos envolvendo aeronaves. Mude um desses fatores de lugar ou cancele essa ação, e um acidente não acontece e é por isso que acidentes são tão raros, mas um dia acabam ocorrendo. Um fator contribuinte é a falta de coordenação entre os elementos envolvidos nos voos. Apesar das tripulações e o corpo técnico na maioria das vezes estarem tecnicamente qualificadas e as aeronaves não apresentarem falhas significativas, alguém que possuía a informação necessária para evitar o acidente não foi suficientemente enfático para transmiti-la a quem era responsável pela decisão a bordo. Daí podemos analisar que na maioria das vezes, devido a aplicação da tecnologia e cada vez os procedimentos sendo controlados pelos computadores, estes acabam se tornando “infalíveis” e a culpabilidade acaba sempre caindo sobre o humano.

Incidentes ou acidentes aéreos quase nunca ocorrem devido a um único problema, normalmente estes ocorrem devido a uma sequência ou mesmo coincidência de problemas internos ou externos a estas aeronaves. Estes incidentes ou acidentes ocorrem normalmente devido a confluência de três componentes:

- a) Engenharia e construção;
- b) Pilotagem; e
- c) Apoio de terra (manutenção, suporte de carga e movimentação, controle de tráfego aéreo e manutenção).

A aeronave depende da perfeita integração e competência destes pilares. Se acontecer um erro em um deles, inicia-se a construção de um acidente ou incidente. A figura 2 já citada anteriormente ilustra os três pilares que mantêm uma aeronave em voo.

Segundo estudo de Martins, 2006) a CENIPA-Brasil e os órgãos norte americanos (American Safety e NTSB), definem 12 causalidades de acidentes:

- a) **Controle de tráfego aéreo e problemas de navegação**-Erro de uso de instrumentos ou não compreensão de instruções.
- b) **Acidentes com carga**-Centro de gravidade errado, sobrecarga.
- c) **Colisões** – Colisões no ar e no chão entre aeronaves, com objetos e com pássaros.
- d) **Fatores externos**-Danos por condicionantes externos, tesoura de vento (vento descendente forte e quase imprevisível).
- e) **Tripulação de bordo** – Drogas, álcool, condição mental desfavorável, não seguimento de regulamentos, cansaço/ sono/ fadiga.
- f) **Fogo**– No hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave.
- g) **Pouso/decolagem**– Excesso ou falta de velocidade, comandos travados, configuração errada de programação, condições de prumo ruins.
- h) **Manutenção**– Falha de diretivas, instalação errada de componentes.
- i) **Resultado**-Pouso de emergência, perda de controle.
- j) **Segurança**– Sabotagem, eslocação, insanidade a bordo.
- k) **Condições meteorológicas desfavoráveis** – Vento, tesoura de vento, gelo, chuva.
- l) **Desconhecido** – Causas indeterminadas.

Para reduzir os acidentes, é necessário um grande empenho em busca destes caminhos e análise dos fatores que conduzem à segurança. Dentro deste conceito, um dos critérios que mais precisam evoluir é aquele relacionado

à Ergonomia e Usabilidade, como por exemplo, o estudo da interação humano-máquina no meio aeronáutico tendo em vista as permanentes observações dos órgãos encarregados de investigação e prevenção afirmando a necessidade de agregar estudos ergonômicos nos novos projetos (NTSB 1996, FAA,2002, CENIPA,2004 JENKINS, 2004).

2.14.2 A sequência da causalidade dos acidentes sob a perspectiva do erro humano

A estrutura de uma classificação em torno do conceito de causalidade de um Acidente de Trabalho, tanto sobre as explicações meramente fenomenológicas iniciais, como a modelagem do mecanismo do acidente e taxonomia dos fatores causais que é como a questão vinha sendo discutida, segundo Vidal (1984).

Nesse sentido Reason (1990) considera a contribuição humana aos acidentes distinguindo entre falhas ativas e falhas latentes, em função do efeito desfavorável imediato ou não sobre o sistema. A principal característica dessas falhas é que elas estão presentes no interior dos sistemas muito tempo antes de um acidente se declarar, sendo introduzidas por níveis hierárquicos superiores como os projetistas, os responsáveis pela manutenção e pela gestão do pessoal. E prossegue Reason, afirmando que o único fato que se pode sempre garantir a respeito de acidentes organizacionais é que as camadas de defesas, isto é, as barreiras de proteção, sistemas de segurança, sistema de trabalho etc. erguidas para impedir a ocorrência de desastres naturais ou provocados pelo ser humano, oriunda da filosofia de projeto de defesa em profundidade, foram ultrapassadas. No modelo “Swiss Cheese” de Reason, as falhas nas defesas de um acidente podem se apresentar como um queijo suíço com “buracos” que significam “falhas latentes” que às vezes iniciaram há muito tempo antes do evento, como visto na figura 30. Em determinadas circunstâncias, estas falhas (buracos) podem se alinhar e então acontece o acidente.

Um acidente quando ocorre é causado por uma sucessão de falhas. Quando estas barreiras são destruídas, ou apresentam falhas ou se tornam vulneráveis, o acidente ocorre (Reason,1990). Notamos que quando as “barreiras” funcionam como demonstrado no primeiro caso, os problemas são deslocados e assim evita-se que o problema passe para barreira seguinte e chegue ao final. Mas quando estas barreiras caem, a falha vai passando sucessivamente pelas mesmas até atingir o ponto que o acidente ocorre e a este fato, Reason denomina falha latente.

O modelo desenvolvido por James Reason, ilustrado na figura 28 (Reason, 2000), mostra como as barreiras vão caindo e mostrando as falhas do sistema. Quando ocorre a coincidência das falhas, ou os furos ilustrados na figura 28, o acidente ocorre. Cada pedaço do queijo suíço representa uma barreira de segurança que está sendo quebrada e provavelmente levará a consequências muitas vezes catastróficas, no caso de um acidente aéreo.

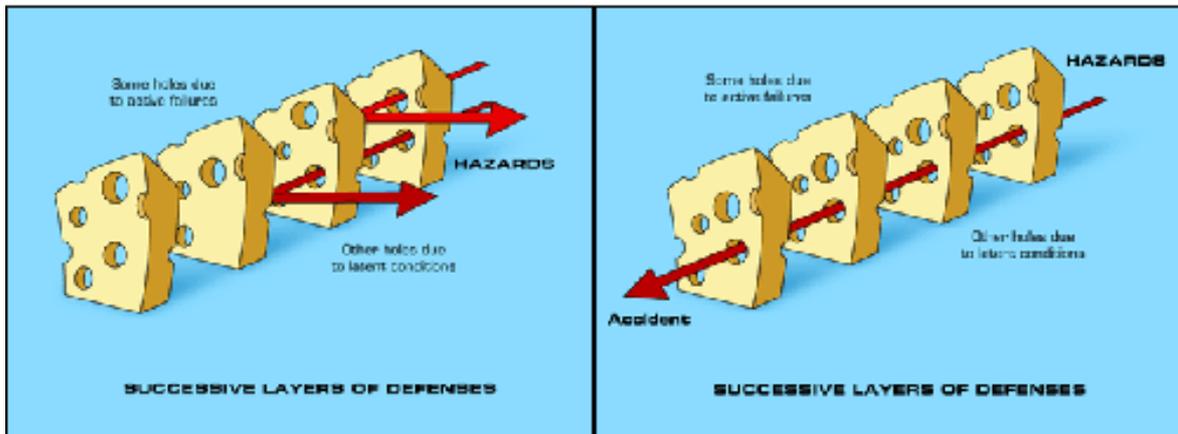


Figura 28 – Figura baseada no “Swiss Cheese model” de Reason (1990).

Conforme apresentado na figura 28, consideram-se defesas não apenas as barreiras físicas ou os sistemas de engenharia, mas sim toda a configuração do processo de trabalho da empresa. Deste modo, estas defesas podem ser concebidas para servir a diversas funções como:

- ✓ Propiciar a compreensão e consciência dos riscos inerentes aos processos;
- ✓ Fornecer indicações claras sobre como proceder de maneira segura;
- ✓ Prover alarmes e avisos quando o perigo for iminente;
- ✓ Restaurar o sistema ao seu estado normal após perturbações;
- ✓ Interpor barreiras físicas de segurança entre os perigos e as perdas potenciais;
- ✓ Confinar e eliminar os perigos que escapem das barreiras anteriores;
- ✓ Prover meios de escape em caso de falhas das barreiras.

Um exemplo que podemos citar como latente foi no caso do acidente da TAM com o Airbus A-320 do Voo 3054 que ao tentar pousar em Congonhas, não conseguiu parar devido a diversas falhas que foram identificadas posteriormente no relatório final do CENIPA, causando o maior acidente aeronáutico do Brasil. Analisando de forma bastante objetiva, podemos observar que várias barreiras de segurança foram caindo, onde podemos destacar o problema do freio aerodinâmico, que foi “pinado” pela área de manutenção, não sendo esse o fator único causador do acidente, mas com certeza foi uma das “barreiras” que caíram e como consequência a ocorrência do acidente. Mesmo sabendo que o procedimento adotado foi orientado pelo fabricante, que a informação havia sido passada aos pilotos e com todos os procedimentos foram seguidos, a área de manutenção tem consciência que aquele pode ter sido um fator contribuinte para a ocorrência do acidente. Diante desse relato, podemos avaliar como este profissional trabalha praticamente o tempo todo sob pressão, sendo que em alguns momentos esta pressão pode gerar problemas a ponto de desencadear uma série de ocorrências que poderão causar desde pequenos acidentes até acidentes catastróficos.

2.14.3 Aspectos cognitivos e erros humanos na atividade do mecânico de avião

Iremos tratar da correlação entre o desempenho do mecânico, a forma como ele aprendeu a utilizar a interface em seu posto de trabalho, a eficácia dos conhecimentos adquiridos e as falhas que contribuíram para os acidentes na aviação. Para tal iremos abordar os seguintes pontos:

- ✓ Acidentes;
- ✓ Erros humanos;
- ✓ Segurança e prevenção;
- ✓ Modelagem e origens de acidentes-comportamento; e
- ✓ Compreensão, reação e situações de risco.

Segundo MORAES (1998), durante a II Guerra Mundial, o impulso acelerado das mudanças tecnológicas, onde os aviões estavam cada vez mais velozes e radares para detectar aviões inimigos, submarinos e sonares, colocam o ser humano em situações de extrema pressão ambiental, física e psicológica.

Exacerbam-se as incompatibilidades entre o humano e o tecnológico. Os equipamentos militares exigem dos operadores decisões rápidas e execução de atividades novas em condições críticas, que implicam quantidade de informações, novidade, complexidade e decisões que envolvem riscos para o ser humano e para o sistema.

Segundo Martins (2006), se enquadrarmos a variabilidade humana dentro da aviação como um componente eventual do erro humano, traduzindo-se como variabilidade motora, desorientação topográfica, esquecimento, aprendizado e adaptação, fixação de um estereótipo, visualizaremos as consequências destes erros como danos muitos graves nas aeronaves e nas pessoas, conforme ilustrado na figura 29.

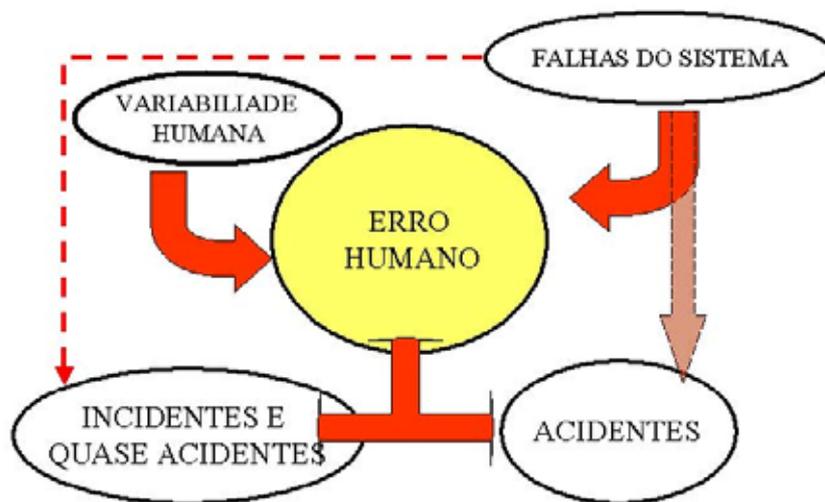


Figura 29 – Causas de acidentes e incidentes (figura baseada no diagrama de Reason(1996) adaptada por Martins (2006))

Não é simples na aviação corrigir as falhas como legibilidade e compreensão dos mostradores, deficiência no acompanhamento e controle (para detectar e corrigir desvios no comportamento do mecânico), existência de tarefas sem motivação, fatigantes, cansativas, falhas nos controle (alcance, formato, ativação), falta de treinamento e recebimento de instruções erradas ou ambíguas.

Afirma-se que erros são possivelmente o efeito da variabilidade humana em um ambiente hostil e que esta variabilidade é um elemento inerente a adaptação humana. Se um sistema opera menos satisfatoriamente que o desejável ou abaixo dos procedimentos usuais, seja por ato humano, ou seja, por uma perturbação qualquer evitável, a causa, muito provavelmente, será identificada como um erro humano.

PARTE II – DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

3. METODOLOGIA APLICADA

O método aqui apresentado foi baseado no Software Aviation Database desenvolvido por Martins (2006) para compilar os elementos de instrumentação para a suas defesas de Mestrado e tese de doutorado. O foco principal foi a análise das causalidades de incidentes e acidentes aéreos relacionados aos pilotos. Este método foi adaptado para avaliar os aspectos relacionados aos mecânicos das aeronaves, onde estes também contribuem para as ocorrências de incidentes e acidentes na aviação.

3.1 A importância da abordagem investigativa

Sem a intervenção do pessoal de manutenção, os equipamentos utilizados nos complexos sistemas tecnológicos como a aviação, transporte ferroviário e marítimo, e da medicina não estariam seguros para sua utilização. A falta de componente normalmente deriva para um nível de confiança que ameaçam rapidamente a eficiência e conseqüentemente a segurança dos usuários destes equipamentos.

Apesar da contribuição essencial para a manutenção da confiabilidade do sistema, ela é também uma das principais causas de falha do sistema. A taxa de falhas aumenta logo após a manutenção, e na aviação há evidências de que a manutenção contribui para uma crescente de acidentes dos sistemas automatizados. Como tornar-se cada vez mais comum, os humanos estão reduzindo o controle manual dos equipamentos e dos sistemas. Como resultado, segundo Reason e Hobbs (2003), a manutenção está se tornando um ponto importante de interação direta entre pessoas e tecnologia, onde as capacidades humanas e limitações podem ter um impacto significativo sobre a segurança e a confiabilidade do sistema.

Compreender os fatores humanos na manutenção é mais necessário do que nunca para melhorar a segurança e confiabilidade na aviação. Os modernos sistemas tecnológicos em setores como produção, transporte e cuidados de saúde incluem os equipamentos, procedimentos, e claro, pessoas. Na maioria dos casos, nós temos uma boa compreensão das características de desempenho dos equipamentos projetados, de forma a entender o funcionamento das partes desses sistemas. Aeronaves vêm com seus manuais que especificam seus desempenhos e capacidades. Juntos destes manuais também têm os procedimentos que foram criados por pessoas e podem ser documentados e compreendidos. Mas quando se trata de manuais criados por pessoas para

peças, somos confrontados com um elemento do sistema que não vem com manual de instruções e sem especificações de desempenho, e que ocasionalmente, pode ser executada erradamente e não de forma planejada pelos projetistas do sistema.

Algumas dessas falhas podem ser facilmente explicadas, como um erro aritmético, por exemplo, enquanto outras são mais difíceis de prever. O foco deste trabalho é sobre o funcionamento das pessoas como elementos de sistemas de manutenção em aviação avaliando os aspectos ergonômicos na causalidade de acidentes e incidentes aéreos.

3.2 O Desenvolvimento do Método

A manutenção é essencial para a segurança da aviação, no entanto, a manutenção inadequada contribui para uma significativa proporção de acidentes e incidentes da aviação. Isso acontece porque uma pequena porcentagem das tarefas de manutenção é executada incorretamente ou são omitidas devido ao erro humano. Exemplos incluem peças instaladas incorretamente, falta de peças, e na omissão de controles necessários. Embora estatísticas precisas não estejam disponíveis, é provável que a grande maioria dos erros de manutenção gerem consequências graves para a aviação segura. No entanto, uma pequena possibilidade de erro significa a presença de ameaças à segurança das aeronaves. Em comparação com muitas outras ameaças à segurança da aviação, os erros do pessoal de manutenção podem ser mais difíceis de detectar, e tem o potencial para permanecer latente, afetando o funcionamento seguro das aeronaves por longos períodos de tempo, como foi o caso do acidente com o 747-400 da Japan Air Lines (JAL) que iremos detalhar no Anexo I.

Será necessário dar uma ênfase a causalidade direta e fator causal contributivo para os incidentes e acidentes aéreos. Porque? Em análise direta, o foco hegemônico e simplista das investigações de acidentes com aeronaves quase sempre determinam que o piloto é o culpado. Isto ocorre porque é este profissional o último a colocar as mãos no artefato fatalizado, e em grande parte das vezes não tem condições de se defender. As investigações de Martins (2006, 2010) apresentam números e contextualizações sobre culpabilidade, que remetem a problemas que citaremos alguns como: os fatores contributivos de ocorrências de acidentes sem participação do piloto, os fatores ergonômicos

relacionados a falta de treinamento e erros de projetos, além de fatores externos à aeronave, cujo o piloto ficou impossibilitado de tomar qualquer ação. Nosso trabalho procurou estabelecer a correlação entre os acidentes e a participação direta ou contributiva da manutenção de aeronaves nas ocorrências.

Medidas eficazes contra o erro exigem uma abordagem sistemática na área de manutenção, não só para as questões em nível do técnico e seu ambiente de trabalho, mas também a fatores organizacionais, tais como os procedimentos, agendamento de tarefas e de formação. Algumas medidas contra a ameaça de erro de manutenção são direcionadas a reduzir a probabilidade de erro através de melhorias na formação, equipamentos, ambiente de trabalho e outras condições. A segunda abordagem complementar é reconhecer que, apesar dos melhores esforços, não é possível para eliminar todos os erros de manutenção e contramedidas devem ser postas em prática para tornar os sistemas mais resistentes aos erros de manutenção residuais que não são impedidos.

As organizações responsáveis pela aviação estão introduzindo o Sistema de Gestão de Segurança (System Management Security – SMS), que além da conformidade com as normas legais e regulamentares, faz a busca contínua da melhoria através da identificação de perigos e de gestão de risco. As atividades envolvidas na gestão do risco de erro de manutenção podem ser devidamente incluídas no SMS. As principais atividades incluem incidentes internos e sistemas de investigação, fatores humanos, sensibilização do pessoal de manutenção, bem como a identificação e tratamento contínuo de riscos não controlados.

A Australian Transport Safety Bureau (ATSB) é um órgão de funcionamento independente do Departamento do Governo Australiano de Infra-Estrutura, Transportes, Desenvolvimento Regional e Governo Local. A ATSB executa investigações independentes da regulamentação, do operador ou outras organizações externas. A ATSB é responsável pela investigação de acidentes e segurança de transporte matéria de transportes aéreos, marítimos e de exploração ferroviária na Austrália, que caem dentro da jurisdição da Commonwealth Aviation, bem como participar no exterior em investigações envolvendo aeronaves registradas no estado australiano e também de navios. A principal preocupação é a segurança do transporte comercial, com particular relevo para operações de passageiros que pagam pelas viagens. Este órgão

Australiano desempenha suas funções em conformidade com as disposições do Transport Safety Investigation Act de 2003 e suas Regulamentações e, quando aplicável, se submete aos acordos internacionais pertinentes.

3.3 Combinação de fatores na investigação

O método foi baseado na ferramenta desenvolvida por Martins (2006), o Aviation Database utilizado na sua tese de mestrado e doutorado, pôde se observar que vários fatores foram ali relacionados referentes à culpabilidade ou não dos pilotos nos acidentes aeronáuticos, onde estas correlações de fatores puderam ser demonstradas como as causas relacionadas à ergonomia estavam presentes. O método permite o cruzamento de fatores citados nos relatórios investigativos, que permite o levantamento das informações que necessitamos para chegarmos aos nossos objetivos na causalidade de acidentes e incidentes aéreos tendo como fator determinante a manutenção e os fatores ergonômicos relacionados a ela.

3.4 Aplicação do Método

As pesquisas para levantamento de dados serão feitas através de levantamentos de acidentes aéreos cuja base de dados será buscada em órgãos de investigação de incidentes e acidentes aéreos. Para concatenar estes dados será utilizado o Sistema de Apoio Computadorizado “Aviation DataBase”, desenvolvido por Martins (2006) na sua dissertação de Mestrado na Universidade Federal de Pernambuco (Op.cit) . Trata-se de uma ferramenta que foi desenvolvida especialmente para auxiliar o trabalho de pesquisa, na análise, no cruzamento e na correlação do grande número de variáveis decorrentes da depuração dos registros de acidentes de aviação, objeto de estudo desta monografia. Este sistema de computador foi desenvolvido para estruturar uma base de dados e implementar um grande conjunto de relatórios analíticos, que possibilitam uma visão integrada dos condicionantes que conduzem a acidentes, combinados de diversas formas. Todos os detalhes do sistema serão descritos adiante de forma a facilitar a compreensão do estudo e a interpretação dos dados gerados a partir dos relatórios. Este sistema viabiliza o cruzamento do grande número de variáveis tratadas pelo estudo. A combinação de condicionantes para realizar a leitura de indícios ergonômicos dos acidentes se tornaria quase inviável ou muito demorada se realizada de forma manual. Este sistema permite a produção de mapas com as informações referentes aos filtros a ele informados.

Utilizamos as entidades oficiais de investigação de acidentes e outras fontes oficiais representativas. As seguintes entidades foram pesquisadas para obtenção de registros de acidentes aeronáuticos:

- ✓ *AAIB – Air Accidents Investigation Branch (Reino Unido)*
- ✓ *ASN – American Safety Network (Estados Unidos da América)*
- ✓ *ATSB – Australian Transport Safety Bureau – (Austrália);*
- ✓ *BEA – Bureau d’Enquêtes et d’Analyses pour la sécurité de l’aviation civile – (França);*
- ✓ *CAA / NZ – Civil Aviation Authority of New Zeland (Nova Zelândia)*
- ✓ *CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL)*
- ✓ *CNPAA – Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL)*
- ✓ *FAA – Federal Aviation Administration – (Estados Unidos da América)*
- ✓ *GPIAA – Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves --(Portugal);*
- ✓ *ICAO – International Civil Aviation Organization – (Canadá)*
- ✓ *NTSB – National Transportation Safety Board – (Estados Unidos da América);*
- ✓ *SERAC- Serviço de Controle de Aeronaves da Aviação Civil- Min.Defesa (BRASIL)*
- ✓ *SIPAER- Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL)*
- ✓ *SNPAA – Serviço Nacional de Proteção ao Voo (BRASIL).*

Os registros oficiais não dão o enfoque ergonômico nas suas análises, mas deixam informações que podem ser interpretadas cientificamente, de forma a reconhecermos tais situações onde o fator ergonômico se torna claro. Esta análise nos mostra com profundidade as origens destes acidentes, onde os índices do erro humano causados por fatores ergonômicos, são fatores muitas vezes determinantes nas ocorrências muitas vezes trágicas nos eventos aeronáuticos. Desta forma foi dada ênfase na correlação da ação falha do piloto devido a problemas de manutenção (fator contributivo) ou acidentes causados diretamente por falhas de manutenção (fator causal).

Nosso estudo irá recolher de forma aleatória uma amostra através dos registros de acidentes aéreos cuasados por problemas de manutenção. Será feita uma busca em períodos variados, buscando situações que possam ser identificadas como sendo de origem ergonômica, onde estes fatores podem ter contribuído de forma decisiva ou como parte para ocorrência de um acidente ou incidente aéreo. Iremos assim dar um tratamento estatístico a estas informações coletadas, onde a pesquisa será exploratória e histórica, buscando, analisando e recolhendo elementos que poderão comprovar nossas observações.

3.5 O desenvolvimento do método a ser aplicado na pesquisa

A base do desenvolvimento do método a ser utilizado será o mesmo utilizado por Martins (2006), adaptado para causalidades oriundas de manutenção de aeronaves, seguindo as características dos erros humanos segundo Rasmusem (1982), usando a tabela de habilidade-regras-conhecimento (SRK-Skill, Roules, Knowledge). Esta tabela tem foco nos erros sérios, realizados de forma particular em sistemas perigosos e complexos em situações de emergência. A mesma classifica e associa os erros a diferentes níveis de desempenho cognitivo. Martins (2006) desenvolveu com este preceito um algoritmo taxonômico para a classificação de erros. Este algoritmo taxonômico indica um caminho através de um diagrama preciso, objetivando apontar uma identificação dentro de várias alternativas. No desenvolvimento foi criado um diagrama estruturado no formato de um algoritmo taxonômico, ou seja, sequenciado no formato de um fluxo de alternativas vetoriais e binárias de decisão, conduzindo a resultados únicos e identificáveis, este foi o início do processo desenvolvido por Martins (2006) para identificar os erros causados de acidentes e incidentes aéreos.

Rasmusen (1982) na sua classificação dos erros no algoritmo taxonômico identificou que as exigências cognitivas relacionadas a *conhecimento*, acarretam ações relacionadas ao *improviso*, onde na aviação este tipo de ação é totalmente proibida, ainda mais se tratando de aeronaves, onde a adaptação de um simples parafuso, ou mesmo do uso de uma ferramenta inadequada é totalmente descartada, ou seja, o improviso não existe em aviação, em nenhuma hipótese numa situação normal de operação. Embora a ocorrência de comportamento e ação improvisados e o encontro com situações não planejadas possam ocorrer na aviação, nem em algumas situações de extrema emergência e perigo normalmente imprevisas, novas e não planejadas. Nestas circunstâncias, todos os três grupos de desempenho cognitivos relacionados por Rasmusen (*op.cit.*) estão sendo considerados.

Uma releitura das informações técnicas dos registros de acidentes do campo da aviação poderá, eventualmente, identificar indícios ergonômicos. A busca destes tipos de causalidades buscará componentes de erros e falhas no campo da ergonomia, principalmente relacionado à área de manutenção. Reavaliando as condições como estes acidentes ocorreram, podemos chegar à conclusão que vários destes acidentes, poderiam ter suas investigações avaliadas na ótica ergonômica sobre determinadas condicionantes. Estes relatórios poderiam gerar recomendações relacionadas a Ergonomia que poderia evitar novas ocorrências.

Podemos avaliar em várias situações que as falhas originadas nos projetos podem dificultar a execução da tarefa por parte dos mecânicos não levaram às condições ergonômicas de acesso, onde este profissional pode cometer erros por falta de condições ambientais no momento da execução da sua tarefa. Os estudos de O'Hare et al (1994) indicam uma abordagem para codificação de acidentes e incidentes nas categorias de erros humanos, similar ao algoritmo taxonômico de Rasmussen (1982).

Martins (2006) utilizou esta sistemática de estudo para avaliação de acidentes aéreos relacionados aos pilotos, onde foi feito o enquadramento das causalidades dos acidentes através de mapeamento. Através do programa desenvolvido, ele buscou indícios de erros ergonômicos nas categorias enquadradas pelo algoritmo. Como resultado das análises dos registros de acidentes aéreos que foram tratados, utilizou um fluxo apresentado por um diagrama estruturado através de um algoritmo para classificação dos acidentes, descritos na sua dissertação. Martins (2006) indicou os indícios de falhas ergonômicas em grupamentos segundo alguns blocos de componentes oriundas de várias fontes oficiais também utilizadas por nós.

Nossa pesquisa, embora utilizando o mesmo método, relacionou os acidentes cujas origens estão na manutenção como fator direto causal, mas avaliando em conjunto os fatores contributivos que desencadearam até a ocorrência do acidente.

Este desenvolvimento do método utilizou duas vertentes:

1. A busca e classificação de dados;
2. Elaboração de um algoritmo de classificação de erros, que terá como base:
 - a) O algoritmo taxonômico de Rasmussen;

- b) O trabalho desenvolvido por O'Hare (1994) no estudo de erros humanos em esloca e na proposta de Costella (2005) para identificação de erros humanos;
- c) As classificações de erros e fases de voo do CENIPA E FAA;
- d) As fases de um voo aceitas internacionalmente;

Segundo Martins (2006), no estudo de O'Hare (1994), foi realizada uma pesquisa com 277 registros de acidentes na Nova Zelândia visando analisar erros no cockpit. Este estudo visou prospectar as causas dos acidentes em esloca. Estes estudos serviram de base para elaborar o núcleo do algoritmo para enquadramento dos motivos dos acidentes e outros detalhes coadjuvantes obtidos pela sua análise, dissecados sob leitura ergonômica. Este núcleo do algoritmo parte de erros no cockpit, tal como o fez O'Hare (op.cit.).

Foram incluídos os indicadores de origem de uma cadeia de erros da FAA (Federation Aviation Administration), do NTSB (National Transportation Security Board) dos Estados Unidos e os indicadores de causalidades de acidentes do CENIPA (Brasil). Estes parâmetros apresentaram particularidades detalhadas que conduziram a indícios específicos de origens ergonômicas nos grupos de erros associados a níveis de desempenho cognitivo.

Cada releitura de um registro de acidente indicou informações que foram inseridas no núcleo do algoritmo. Neste núcleo do algoritmo obteve identificações iniciais que foram cruzadas com as fases do voo, com os fatores e com os indícios que conduziram aos acidentes, mapeando e quantificando as origens e extraíndo dentro dos dados disponíveis, as razões de usabilidade e outras classificações ergonômicas que conduziram a estes eventos.

Com estas informações, apesar destes registros de acidentes terem sido tradicionalmente escritas por pilotos e aeronautas, Martins (2006) verificou a possibilidade de extrair destes registros, indícios e causalidades que conduziram a erros de origem ergonômica, principalmente os que recaíram em aspectos de conhecimento, ação, fisiológico / emocionais, projeto e de escolha de materiais.

O agrupamento que foi decidido utilizar para classificação dos erros foi fundamentado nos princípios utilizados por O'Hare (1994), que definiu dentro de sua pesquisa de erros de pilotos no cockpit como:

1. Erros dentro do cockpit
2. Erros fora do cockpit

Os trabalhos de Martins (2006,2010) são elementos que fundamentam a definição dos identificadores de erros, problemas e falhas humanas enquanto a aviação envolve seres humanos em terra e nos aviões para manter estas máquinas voando com segurança.

O ponto de partida desta pesquisa foi a análise fora do cockpit, onde buscamos as informações cruzando esta identificação com os outros componentes que apontarão para um dos três grupos de erros:

- De conhecimento e capacitação;
- De fatores emocionais e fisiológicos; e
- De forma geral apontando para outras causas não originadas pelos mecânicos, mas ainda podendo estar incluídos em fatores conforme os anteriores.

Estes grupos de erros têm os seguintes componentes:

1) Não causado por falhas dos mecânicos-

Componentes deste grupo:

- ✓ Erro estrutural
- ✓ Erro de projeto
- ✓ Escolha errada da aeronave
- ✓ Erro do pessoal de apoio de terra
- ✓ Erro de manutenção/ mecânico
- ✓ Outros ergonômicos

2) Causado por falhas cognitivas relacionadas à capacidade e conhecimento – Componentes deste erro:

- ✓ Treinamento deficiente / inapropriado
- ✓ Problema capacitação
- ✓ Erro leiaute
- ✓ Instrumentos ou posição deficiente
- ✓ Erro de linguagem
- ✓ Erro de informação
- ✓ Erro comunicacional
- ✓ Erro coletivo
- ✓ Distribuição errada da tarefa

3) Causado por fatores físicos/emocionais.

Componentes deste erro:

- ✓ Estresse;
- ✓ Fadiga, problema/distúrbio fisiológico;
- ✓ Problema psicológico / emocional;
- ✓ Sobrecarga emocional e / ou cognitiva;
- ✓ Erro de liderança.

Nestas classificações dos erros, ainda pode-se eventualmente identificar um erro como ocorrência de erros definidos na seguinte classificação:

- ✓ Sem participação ou originado por ação ou decisão direta do Mecânico;
- ✓ Participação ou originado por ação ou decisão direta do Mecânico;
- ✓ Por falhas de capacitação e conhecimento;
- ✓ Por falhas de origem emocionais ou fisiológicas; e
- ✓ Por falhas combinadas dos itens anteriores.

A maioria das publicações e escolas de prevenção de acidentes aeronáuticos informa que um acidente ocorre devido a uma sequência de erros, sendo que nossa pesquisa prospectou as origens ergonômicas destas falhas que conduziram aos acidentes. Para isto consideramos este dogma inserindo os dados em um algoritmo para classificação de falhas e erros, definindo perspectivas diferentes e classificações de erros diferentes. Classificações importantes que incluiremos no nosso algoritmo serão as seguintes:

- ✓ De perspectivas diferentes como erros do tipo ação ou decisão; e
- ✓ De origens de erros dos tipos cognitivos, sistêmicos ou aeromédicos e psicosociais.

3.5.1 O sistema de apoio computadorizado– Aviation DataBase

Esta ferramenta foi desenvolvida por Martins (2006) especialmente para auxiliar o trabalho de pesquisa, na análise, no cruzamento e na correlação do grande número de variáveis decorrentes da depuração dos registros de acidentes de aviação. Nesta pesquisa este software foi adaptado para receber as informações referentes aos incidentes e acidentes aéreos causados por falhas dos indivíduos responsáveis pela manutenção, objeto de estudo desta monografia.

Este sistema de computador foi desenvolvido para estruturar uma base de dados e implementar um grande conjunto de relatórios analíticos, que possibilitam uma visão integrada dos condicionantes que conduzem a acidentes, combinados de diversas formas, conforme descreveremos os detalhes, mais adiante, na parte que descreve este sistema.

Muitos mapas-produto podem ser produzidos pelo sistema além de gerar dados para um mapa resumo onde todos os números do estudo de possíveis causas ergonômicas são sumarizados na fase final. Este mapa apresenta as fases de voo e diversos fatores componentes de acidentes segundo classificações da FAA (Federal Aviation Administration dos Estados Unidos) e do

CENIPA (Central de prevenção e investigação de acidentes aéreos do Ministério da Defesa do Brasil), além de outros órgãos já citados anteriormente. Os dados se referem a uma análise com um foco na ergonomia a partir dos registros de acidentes disponibilizados por estes órgãos.

3.6 Descritivos dos componentes do algoritmo taxonômico

Segundo Martins (2006), este algoritmo foi construído com várias classificações de erros e algumas perspectivas e origens de erros onde será estruturado um fluxo de alternativas que vão produzir classificações de erros e causalidades. Quando forem inseridos os elementos detalhados de um acidente, teremos vários parâmetros que serão analisados em conjunto via um sistema de computador Aviation Database. Os componentes que definem os critérios de classificação são os seguintes:

- I. Causalidades de acidentes;**
- II. Índícios reveladores de uma cadeia de erros;**
- III. Tipo de erro-O núcleo do Algoritmo taxonômico;**
- IV. Fases do Voo;**
- V. Eventuais indícios de causas ergonômicas.**

Porém serão selecionados e tratados os acidentes que tem relação direta ou indireta com a manutenção de aeronaves como causalidade direta e clara ou fator contributivo nos acidentes ou incidentes com aeronaves.

3.6.1 I – Causalidades de acidentes

Através de convenções internacionais, órgãos como CENIPA, NTSB, FAA, ATSB, entre outras, estabeleceram uma lista de 12 grupos que são consideradas causas de acidentes aéreos.

O CENIPA, que é o órgão brasileiro responsável pelas investigações no Brasil, define estes 12 tipos como causalidade de acidentes. Os itens abaixo apresentam os componentes deste núcleo de classificação de erros pertinentes a acidentes com aeronaves e que faz parte do algoritmo taxonômico, segundo Martins (2006).

- 1) Controle de tráfego aéreo e problemas de navegação: Erro de uso de instrumentos ou não compreensão de instruções;
- 2) Acidentes com carga: Centro de gravidade errado, sobrecarga, porta do compartimento;
- 3) Colisões: No chão entre aeronaves, com objetos e com pássaros;
- 4) Fatores externos: Danos por condicionantes externos imprevisíveis, tesoura de vento (vento descendente forte e quase imprevisível) e raio;
- 5) Pessoal de terra: Drogas, álcool, condição mental desfavorável, não seguimento de regulamentos, cansaço/ sono/ fadiga;
- 6) Fogo: No hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave;
- 7) Pouso/decolagem: Excesso ou falta de velocidade, comandos travados, configuração errada de programação, condições de prumo ruins;
- 8) Manutenção: Falha de diretivas, instalação errada de componentes;
- 9) Resultado: Pouso de emergência, perda de controle;
- 10) Segurança: Sabotagem, sequestro, insanidade a bordo;
- 11) Condições meteorológicas desfavoráveis: Vento, gelo, chuva, má visibilidade;
- 12) Desconhecido: Causas indeterminadas;

Além das doze casualidades listadas, Martins (*op. cit.*) através de uma amostragem de 30 registros de acidentes aéreos de vários órgãos, viu a necessidade de alternativas de classificação de problemas que não estavam contempladas no grupo original, como a seguir:

Classificação acrescentada por Martins (2006):

- 13) *Problemas corporativos – Administração da correspondente empresa de Aviação;*
- 14) *Ação terrorista – Sequestro e passageiros;*
- 15) *Colisão vinda de outra aeronave – Colisões no ar entre aeronaves;*

- 16) *Desinformação – Componente instalado sem esclarecimento de características operacionais;*
- 17) *Imprevisibilidade/Falta de avaliação – de situações que conduzem a erros;*
- 18) *Imprevisibilidade/Avaliação errada – devido à desinformação ou informação errada ou incompleta.*

Estas causalidades serão contextualizadas no mapeamento das análises dos acidentes, considerando os componentes e as fases do voo segundo desenvolvimento do método descrito mais adiante.

3.6.2 II – Indícios reveladores de uma cadeia de erros

Segundo o FAA, um grupo de problemas pode ser relacionado com ações e eventos que são indícios de uma sucessão de erros. Esta entidade identificou dez indícios que são a base para este grupo de identificadores de uma cadeia de erros. Martins (2006) acrescentou mais dois indícios ao fazer a análise com as 30 amostras, onde foi revelada a necessidade de classificações não previstas:

- 1) **Ambiguidade:** quando duas ou mais fontes independentes de informação são discordantes;
- 2) **Fixação ou Preocupação:** a atenção da tripulação está dirigida para um só item, evento ou condição, com a consequente exclusão de todas as outras atividades de cabine;
- 3) **Insegurança ou Confusão:** quando um piloto ou outro tripulante está inseguro do estado ou condição do avião;
- 4) **Violando os Mínimos:** quando os mínimos são intencionalmente violados.
- 5) **Procedimentos Irregulares:** quando se admite utilizar um procedimento irregular, ou quando este procedimento é utilizado;
- 6) **Ninguém voando o avião:** isto pode ser o resultado do segundo indício, fixação ou preocupação, mas pode também ocorrer em condições rotineiras de voo. Em virtude dos relatórios de acidentes estarem repletos de casos em que ninguém estava incumbido de voar

o avião, o comandante deve, especificamente, delegar a tarefa, afirmando : “ Eu voarei o avião e você tomará conta do problema (ou vice-versa) “;

- 7) Ninguém olhando para fora: com o uso de sofisticados computadores de controle de voo, a possibilidade de ambos os pilotos estarem com o avião de “cabeça para baixo” simultaneamente, é real;
- 8) Incapacidade de atingir objetivos: quando parâmetros ou expectativas de eventos não são atingidos, tais como previsão de consumo de combustível ou antecipação de desempenho de potência de decolagem;
- 9) Discrepâncias não resolvidas: quando confusão, perguntas ou preocupações não são resolvidas;
- 10) Abandono de procedimentos padronizados de operação: quando procedimentos padronizados de operação não são utilizados no momento apropriado;

Classificação acrescentada por Martins (2006):

11) Problemas com soluções operacionalmente não previstas;

12) Problemas com insuficiência de informações no cockpit para tomada de decisão.

3.6.3 III – Tipo de erro-núcleo do algoritmo taxonômico

Segundo Martins (2006), o algoritmo taxonômico de Rasmussen (1982) foi a base para os estudos de O’Hare (1994) para classificação de erros tendo como elemento de identificação os níveis de desempenho cognitivo no estudo sobre falhas cognitivas em acidentes na aviação na Nova Zelândia. Costela (2005) também propõe um método genérico para identificação de tipos de erros humanos tendo como referencia este algoritmo.

Estes estudos servirão de base para elaborar o núcleo do algoritmo para enquadramento dos motivos dos acidentes.

Dois dos passos descritos por Rasmussen (estado da meta e tarefa) foram combinados por O’Hare na categoria “Estratégia” pois melhor se adapta às

condições relacionadas às metas a serem cumpridas. A primeira e a última etapa de enquadramento do erro são equivalentes à INFORMAÇÃO e AÇÃO do esquema de Nagel (1988) apud O'HARE (1994).

O estudo de O'Hare agrupou, estatisticamente, os resultados das análises das causalidades segundo os estágios de erros propostos por Nagel (1988) que são:

- ✓ **Erros de Ação;**
- ✓ **Erros de Informação;**
- ✓ **Erros de Decisão.**

Aos sete grupos de taxonomia originais de O'Hare, dentro do grupo INFORMAÇÃO, segundo Nagel (1988), mais sete alternativas foram acrescentadas por Martins (*op.cit*), sendo três na categoria INFORMAÇÃO (código e tipo):

A02 – Decisão e julgamento (toque –arremetida);

A03 – Falha de checagem/monitoração

A05 – Mal julgamento de altitude e visibilidade;

Duas na categoria AÇÃO (código e tipo):

A01-Comandos errados

A04-Falha de recuperação em perda

Uma que deve prever a impossibilidade de enquadrar uma determinada causalidade em um dos já indicados (código e tipo):

A13-Outros erros da tripulação

E foi acrescida mais uma alternativa que se situa em NENHUM ERRO da tripulação e ocorrido por impossibilidade de atitude e ação (código e tipo):

A14-Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente

Martins (*op.cit*) acrescenta que estes novos grupos após um estudo da amostra com 30 registros que indicaram a necessidade de permitir classificar algumas causalidades do erro de modo mais específico. Dois estudos foram incorporados na elaboração do algoritmo para permitir a clareza e precisão na classificação dos

erros no núcleo do algoritmo. A perspectiva de erros de Dekker (2002) e os estágios de erro de Nagel (1988). Duas das perspectivas de erro humanos foram propostas por Dekker (op-cit.) em seus estudos e investigações de erros humanos na aviação na Suécia e mencionado por Alexanderson (2003) em suas publicações:

- I. **Perspectiva COGNITIVA** – Assume que o processamento mental é conduzido através de modelos de operações tipo padrões de reconhecimento e decisão de agir. Nesta perspectiva erros ocorrem pela falha de um destes modelos
- II. **Perspectiva ERGONÔMICA E SISTÊMICA**-A performance humana não pode ser atribuída a si mesmo, mas na interface e em tudo que a cerca. Nesta alternativa, o erro não está na total culpabilidade do humano mas também nas interfaces SHTM.
- III. **Perspectiva AEROMÉDICA E PSICOSOCIAL**-Nesta perspectiva encontra-se o fator mais importante da segurança de vôo e da prevenção de erros (SHAPPELL *et. Al*, 2001). O problema neste fator é separar o fator contributivo da causa. Muitos estudiosos, de acordo com este autor, concordam que condicionantes como fadiga, má alimentação etc.

As classificações de Nagel (1988) e Dekker (2002 e 2003) instrumentam com elementos mais específicos e detalhados para realizar uma classificação mais clara dos indícios ergonômicos.

O núcleo do algoritmo desenvolvido para este trabalho, agrupa os itens de classificação de erros segundo as perspectivas e estágios de erros destes autores, conforme a tabela 7 a seguir:

Atitude ou ação da tripulação (Baseado no algoritmo de O'Hare (1994) e ampliado)	Categoria Dekker (2002) ESTÁGIO DO ERRO	Categoria Nagel (1988) PERSPECTIVA DO ERRO	ATIVIDADE / EVENTO
Nenhuma ação errada	Não houve	Não houve	A0-Houve oportunidade de intervenção do piloto?
Comandos errados	Sistêmico	Ação	A1-O piloto teve chance de aplicar comandos?
Decisão e julgamento (toque –arremetido)	Cognitivo	Decisão	A2-Ação de pouso abortado
Falha na checagem – monitoração	Cognitivo	Decisão	A3-Falha de checagem/monitoração
Falha de recuperação em perda	Sistêmico	Ação	A4 – Procedimentos para manter o envelope aerodinâmico da aeronave
Mal julgamento de condições metereológicas	Cognitivo	Decisão	A5-Avaliação das condições ambientais e metereológicas externas à aeronave
Mal julgamento de altitude e visibilidade	Cognitivo	Decisão	A6-Avaliação das condições externas de voo em relação à altitude da aeronave em relação ao solo e à visibilidade
Erro de informação	Cognitivo	Informação	A7-O piloto detectou erros no estado do sistema?
Erro de diagnóstico	Cognitivo	Decisão	A8-Tendo como referência as informações disponíveis, o piloto diagnosticou corretamente o estado do sistema?
Erro de meta	Cognitivo	Decisão	A9 – O piloto cumpriu a meta nestas circunstâncias?
Erro de estratégia	Cognitivo	Decisão	A10-O piloto escolheu a estratégia na meta escolhida?
Erro de procedimento	Sistêmico	Ação	A11-O piloto executou os procedimentos compatíveis com a estratégia escolhida?
Erro de ação	Sistêmico	Ação	A12-Os procedimentos foram executados corretamente?
Outros erros da tripulação	Avaliar	Avaliar	A13 – Erros não classificados
Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente	Não houve	Não houve	A14 – Eventuais erros onde os pilotos estavam condicionados a um procedimento de impotência em relação à ameaça ou ocorrência de acidente/incidente
Problemas originados por fatores aero médicos e psicossociais			A15-Origens aero médicas e psicossociais

Tabela 7 – Classificação dos componentes do núcleo do algoritmo

3.6.4 IV – Fases do voo

Foram classificadas sete fases de um voo, segundo o consenso internacional no meio aeronáutico. Estas definições a seguir foram elaboradas para leigos na aviação entenderem o significado amplo destas etapas do voo:

- 1) **Táxi**-Todo movimento da aeronave em terra excluindo a corrida para ganhar velocidade e sair do solo.
- 2) **Decolagem**-Corrida para ganhar velocidade e descolamento do solo pelo ganho de Sustentação.
- 3) **Subida** – Deslocamento desde a saída do solo o momento em que atingir um nível de voo planejado (altitude).
- 4) **Cruzeiro** – Deslocamento em um nível de altitude planejado para o destino mudando apenas por comando das estações de controle em terra ou por algumas circunstâncias metereológicas, porém sob supervisão e controle de estações de terra.
- 5) **Descida** – Período de mudança negativa de altitude para pouso perto do destino.
- 6) **Aproximação** – Manobras de posicionamento para perto da pista de pouso do destino Planejado.
- 7) **Pouso** – Manobras para fazer a aeronave tocar e permanecer no solo, na pista de pouso designada pelo controle de terra.

A figura 30 mostra o trajeto que uma aeronave faz para efetuar o pouso num aeródromo. Ele normalmente faz um deslocamento na “perna do vento” que é paralelo à pista, faz a volta na chamada na perna base, alinha com a pista na reta final no caso no sentido contrário ao vento para ter sustentação com a menor velocidade. É importante ressaltar que na fase do pouso existe um índice considerável referente a acidentes com fatores relacionados à manutenção. Nesta fase é quando os trem de pouso são muito exigidos e normalmente apresentam problemas quando estão com alguma falha estrutural.

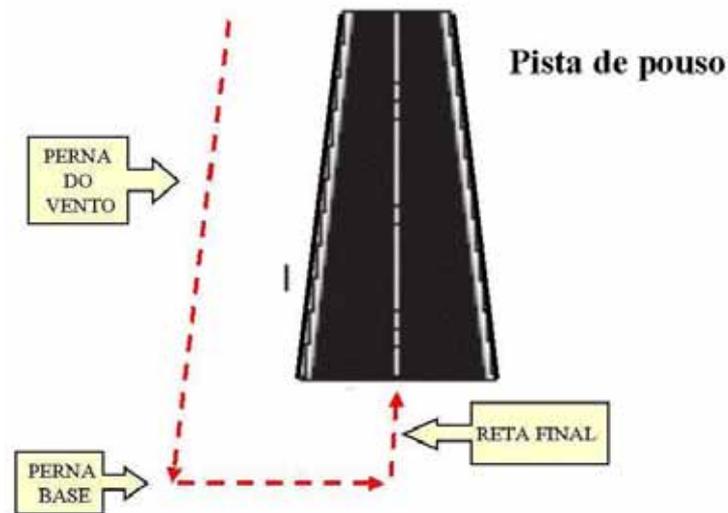


Figura 30 – Apresentação dos nomes dos trajetos dos deslocamentos que antecedem o pouso.

Fonte: Martins (2006)

Dependendo da aeronave algumas destas definições podem ser suprimidas, por exemplo:

- ✓ Aeronave sem suporte de comunicação (rádio comunicador, VOR, GPS, ILS e outros dispositivos);
- ✓ Pista de pouso sem estação de comunicação;
- ✓ Aeroclube de treinamento de voo básico diurno;
- ✓ Manobra de decolagem e pouso de aeronaves de asa rotativa (Helicópteros); e
- ✓ Balões, dirigíveis e planadores.

3.6.5 V – Eventuais indícios de causas ergonômicas.

Este componente incluirá os eventuais erros por usabilidade, por aspectos cognitivos ou outros fatores ergonômicos e que podem ter ocorrido dentro ou fora do cockpit, incluindo principalmente os pontos referentes à manutenção. Estas são as origens das causas que eventualmente poderão apontar para estes indícios de erros de origens ergonômicas. Estes componentes incluídos neste índice foram retirados das literaturas sobre as divisões dos estudos sobre ergonomia. Todos os componentes anteriores quando forem estudados de modo

correlacionados poderão, eventualmente, materializar um cenário mais amplo que o existente sobre causalidades dos acidentes aeronáuticos que aponta mais fortemente para indícios ergonômicos.

Raramente os acidentes aéreos são causados por um único e catastrófico erro, mas por uma série de erros que, quando colocados lado a lado, podem ser concebidos como uma corrente de erros, como explica J.Reason (1990). Se um membro da tripulação é treinado para reconhecer os elementos da cadeia de erros, ele está em condições de romper essa cadeia antes que um incidente ou um acidente venha a ocorrer. Esta série de erros deverá ser representada pela seguinte expressão polinomial (apresentada em cores referentes aos blocos deste nosso algoritmo taxonômico). Esta representação polinomial agregará os componentes de I a IV descritos anteriormente mais este componente V.

$$\text{Análise do Acidente} = f ((Fn), (An), (Cn), (In), (Bn))$$

Esta representação polinomial indica que a Análise do acidente é função (f ()) que será integrada pelos seguintes componentes:

(Fn) -:relacionado a uma fase do voo (Padrão internacional)

(An) -:relacionado a uma ação da tripulação no cockpit (O´Hare)

(Cn) -:relacionado com uma das causalidades de acidentes indicados pelo CENIPA

(In) -:relacionado com um dos indícios de cadeia de erros indicados pelo FAA

(Bn) -:relacionado com o(s) tipo(s) de erro(s) que aponta(m) para indícios de falha Ergonômica.

A análise de um acidente é função de cada um dos condicionantes do quadro acima onde **n** indica o enquadramento da tabela descritiva das tipologias. Vê-se que será sempre possível agregar novas visões de uma análise, estabelecendo novas relações, correlações e confluências.

Conforme registramos em nossa fundamentação teórica, os acidentes são normalmente editados nos registros oficiais por pilotos e gente exclusivamente da aviação.

Este nosso estudo, baseado no Aviation DataBase desenvolvido por Martins (*op. cit*), está incluindo os sete novos componentes nesta análise, que foram acrescentados nos erros de ação, informação e decisão no estudo de O'Hare. Estes novos componentes permitiram visualizar uma ótica e uma dimensão diferentes sobre estes dados e determinar outra tipologia de erros extraindo indícios de aspectos de usabilidade e outros focos ergonômicos nestes acidentes. Todos estes pontos foram tratados sem entrar no mérito da não constatação dos dados indicados nas Entidades oficiais de onde coletamos as informações sobre os acidentes.

Um acidente recebeu uma codificação de acordo com a especificidade e enquadramento no algoritmo. Cada componente poderá ter, na análise de um acidente, sua inclusão na função polinomial acima. O conjunto dos indicadores estabelecerá um código lógico. Esta codificação se refere a cada componente inserido no algoritmo taxonômico.

As causalidades que integram este algoritmo são as indicadas na tabela 8 a seguir:

Eventuais indícios de causas ergonômicas	BN
Grupo B	
Problema estrutural (materiais)	B1
Erro de esloca	B2
Escolha errada de aeronave	B3
Pessoal de apoio de terra	B4
Estresse	B5
Torre de controle (Procedimento com ATC – <i>Air Traffic Control</i>)	B6
Fadiga e problemas fisiológicos/ Distúrbios fisiológicos	B7
Problemas psicológicos e emocionais	B8
Erro de liderança	B9
Problemas de capacitação	B10
Treinamento inapropriado / Treinamento deficiente	B11
Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos	B12
Erro de layout	B13
Sobrecarga emocional e / ou cognitiva	B14
Distribuição errada da tarefa	B15
Instrumentos em posição esloca o	B16
Erro de linguagem	B17
Erro comunicacional	B18
Erro de informação	B19
Erro coletivo	B20
Outros problemas ergonômicos / cognitivos	B21

Tabela 8 – Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos

Um diagrama que apresenta, finalmente, todo o trabalho de identificação de falhas, origens e erros na releitura do registro de um acidente aeronáutico está apresentado na figura 31, a tarefa parte no núcleo (em vermelho) e, em seguida, serão agregados os demais indicadores da função [f (F_n), (A_n), (C_n), (I_n), (B_n)], até que se obtenha um código lógico. Esta será a partida para utilizar um sistema computadorizado (Aviation DataBase). Este sistema agregará os dados deste acidente às outras informações já anteriormente implantadas dos outros acidentes do banco de dados visando às análises estatísticas e correlações.

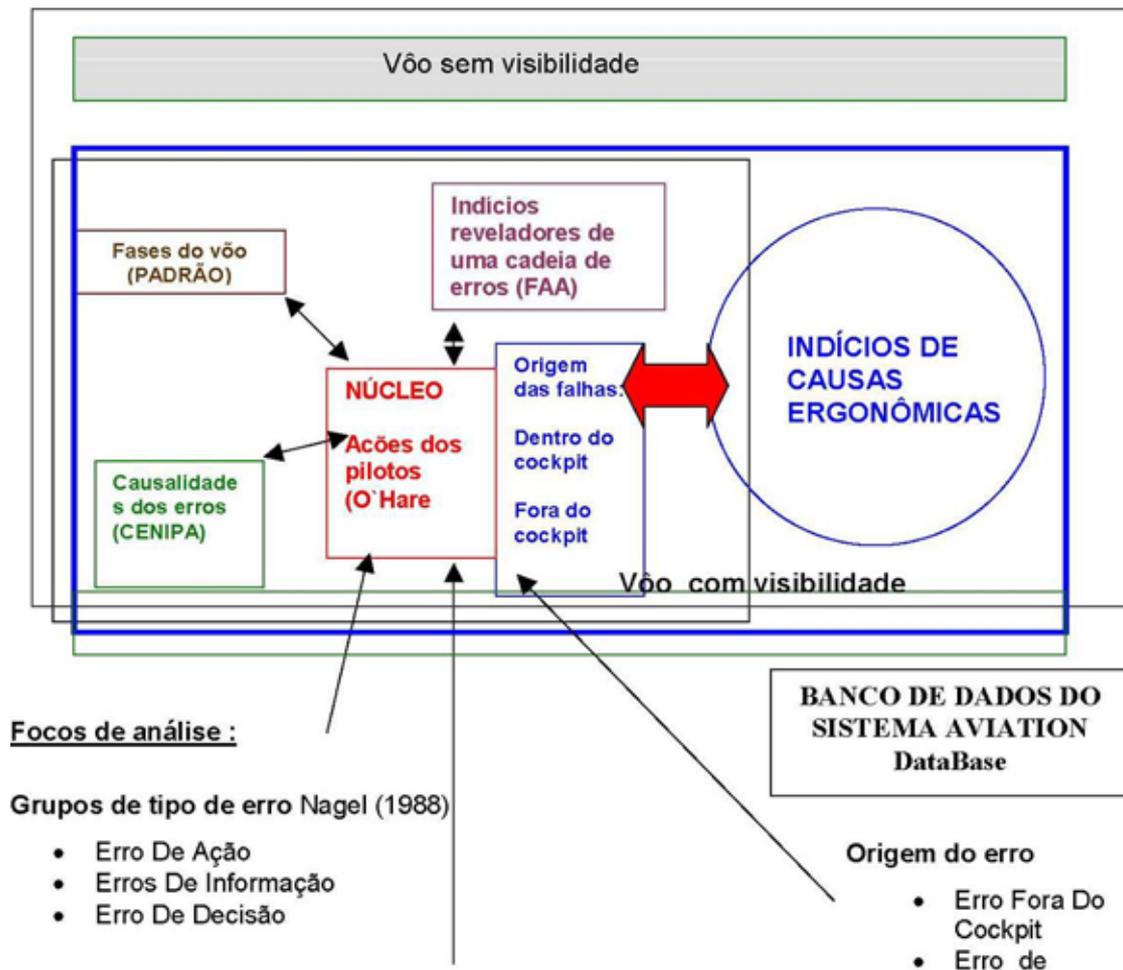


Figura 31 – Diagrama de identificação de falhas. Fonte: Martins (2006)

3.6.6 Tabelas de classificação de erros

Toda codificação referenciada na descrição do algoritmo e utilizada na pesquisa para classificação dos erros e falhas nos registros de acidentes, está apresentada na tabela 9 a seguir.

As classificações antigas de origens e indícios de cadeia de erros indicadas pela CENIPA (Brasil), pelo NTSB-National Transport Safety Board (Estados Unidos) e pela FAA– Federal Aviation Administration (Estados Unidos) foram as utilizadas para base inicial do algoritmo de classificação de erros, mas não foram suficientes para classificar muitas falhas de acidentes quando realizamos o teste com a amostra piloto. Para isto foram acrescentadas algumas indicações e qualificações na tabela final, que estão identificadas pela cor vermelha nas tabelas 9, 10, 11 em itálico.

É importante salientar que Sistema Aviation Database foi desenvolvido para avaliação dos erros dentro do cockpit, mas que nós adaptamos tais parâmetros em função da nossa análise referente à manutenção. Vale observar que nem todos os parâmetros irão aparecer na nossa pesquisa por ser de uso exclusivo da atividade do piloto.

Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare)	A
Grupo A	
Nenhuma ação errada	A0
Comandos errados	A1
Decisão e julgamento (toque –arremetido)	A2
Falha de checagem/monitoração	A3
Falha de recuperação em perda	A4
Mal julgamento de condições metereológicas	A5
Mal julgamento de altitude, <i>atitude da aeronave</i> e visibilidade	A6
Erro de informação	A7
Erro de esloca os	A8
Erro de meta	A9
Erro de estratégia	A10
Erro de procedimento	A11
Erro de ação	A12
Outros erros da tripulação	A13
<i>Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente</i>	A14
<i>Origens aeromedicas e psicossociais</i>	A15

Tabela 9 – Alterações (*vermelho e itálico*) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare (1994))”

Indícios reveladores de uma cadeia de erros (Segundo a FAA)	I
Grupo I	
Ambigüidade	I1
Fixação ou Preocupação	I2
Insegurança ou Confusão	I3
Violando os Mínimos	I4
Procedimentos Irregulares / mal elaborados	I5
Ninguém voando o avião	I6
Ninguém olhando para fora	I7
Incapacidade de atingir objetivos	I8
Discrepâncias não resolvidas	I9
<i>Abandono de procedimentos padronizados de operação</i>	I10
<i>Problemas com soluções operacionalmente não previstas</i>	I11
<i>Problemas com insuficiência de informações para ações no cockpit</i>	I12

Tabela 10 – Alterações (**vermelho e itálico**) no grupo “Indícios reveladores de uma cadeia de erros” (Segundo a FAA)

Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores da CENIPA) – Grupo C	C
Controle de tráfego aéreo e problemas de navegação	C1
Acidentes com carga e <i>ou porta de carga/ falha de dispositivos</i>	C2
Colisões (colisões no ar e no chão)	C3
Fatores por condicionantes externos, tesoura de vento, <i>raio</i>	C4
<i>Problemas esloca os cas graves</i>	
Tripulação de bordo – Drogas, esloc, condição mental desfavorável, não seguimento de regulamentos, cansaço/ sono/ fadiga.	C5
Fogo – no hangar/ no solo, no ar, no interior da aeronave	C6
Pouso/decolagem – excesso, falta de velocidade, comandos travados, configuração errada de programação condições de prumo ruins.	C7
Manutenção–falha de diretivas, instalação errada de componentes.	C8
Resultado – pouso de emergência, perda de controle.	C9
Segurança – sabotagem, sequestro, insanidade a bordo	C10
Condições metereológicas desfavoráveis – vento, tesoura de vento, gelo, chuva, má visibilidade.	C11
Ação terrorista, sequestro e passageiros	C12
Colisão vinda de outra aeronave	C13
Desconhecido causas indeterminadas.	C14
<i>Desinformação –componente instalado sem esclarecimento de características operacionais.</i>	C15
<i>Imprevisibilidade-Falta de avaliação de situações que conduzem a erros</i>	C16
<i>Imprevisibilidade – Avaliação errada devido à desinformação ou informação errada/incompleta</i>	C17
<i>Problemas corporativos-normas não apropriadas</i>	C18

Tabela 11 – Alterações (**vermelho e itálico**) no grupo Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores do CENIPA)

**PARTE III – ANÁLISE DA PESQUISA, DISCUSSÕES E
RECOMENDAÇÕES**

4. DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DA PESQUISA

Estudo da coleta e tratamento de dados sobre os registros de acidentes e incidentes aéreos causados por problemas relacionados à manutenção – Fatores Causais e Fatores Contribuintes

4.1 Considerações sobre o levantamento e tratamento de dados

Foram coletados os registros oficiais de informações de acidentes e incidentes com aeronaves da aviação civil e militar divulgados pelos em órgãos oficiais de análise de acidentes e incidentes aéreos no mundo com representatividade e reconhecimento mundial. Buscamos os acidentes nestes mais diversos órgãos filtrando aqueles que estavam relacionados à manutenção, sempre buscando nestes relatórios as descrições diversas sem vícios de redação de um mesmo país. Esta variedade nos permitiu avaliar as mais diversas interpretações e analisar estes acidentes e incidentes de forma a buscar evidenciar as causas ergonômicas que geraram estas ocorrências.

Uma das principais fontes da nossa pesquisa foi de uma fundação americana que é a American Safety Network (ASN), que faz uma compilação de diversos acidentes e incidentes aéreos dos mais diversos órgãos oficiais de análise de acidentes e incidentes aéreos citados anteriormente. As compilações feitas pela ASN favorecem nossas análises na sua forma de descrever as causas dos acidentes e incidentes causados por problemas de manutenção. Estas compilações contêm classificações baseadas nos parâmetros da FAA que indica causas secundárias. Alguns aspectos ergonômicos citados nestes relatórios podem ser considerados um pouco superficiais, como a falta de treinamento, pressão do tempo, uso incorreto de ferramentas e outros fatores. Todos estes registros selecionados para análise foram implantados no sistema computadorizado de apoio Aviation Database (*op.cit.*) e os dados compilados de coleta e estes registros estão impressos e arquivados para posteriores consultas e estarão disponibilizadas pelo Núcleo de Design da UFPE.

Os registros foram coletados através dos sites públicos destas entidades que estão disponíveis para pesquisas. O banco de dados da ASN tem seus dados

atualizados toda semana e contém mais de 12.200 registros de acidentes e incidentes aéreos até a data de 01/07/2011. Estes registros são referentes à aviação civil, militar, governamental e de particular/lazer, além de corporações que contém aeronaves com ocorrências registradas desde 1943.

4.2 Apresentação das Estatísticas e Composição dos Relatórios

Descreveremos a seguir os resultados obtidos no software produzidos para esta pesquisa. Iremos apresentar uma análise detalhada com mapas estatísticos descrevendo nossos resultados seguindo a sequencia apresentada no algoritmo taxonômico representado pelo Software Aviation Database já citado anteriormente.

Nosso estudo teve como base os estudos de Martins (2006), que prospectou um número grande de variáveis fragmentadas que puderam evidenciar fatores ergonômicos como causadores de acidentes e incidentes relacionados aos pilotos. Este estudo esta direcionado aos fatores relacionados à área de manutenção, onde nosso objetivo será demonstrar como estes mesmos fatores tanto podem ser considerados como “*Causais*” ou mesmo “*Contribuintes*” para que incidentes ou acidentes ocorressem. Através do Aviation Database foi possível correlacionar estes fatores nos mais diversos relatórios coletados nas entidades citadas anteriormente, onde buscamos os fatores causais ou contribuintes por problemas cognitivos ou ergonômicos nos acidentes relatados.

Toda a sequencia de apresentação do relatório do software manterá a classificação de erros do Aviation Database, que irá facilitar a apresentação e compreensão dos resultados. Abaixo o conteúdo e organização que iremos apresentar:

Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram o núcleo de algoritmo:

1. Estudos dos grupos de erros segundo Nagel (1988)
2. Estudos das perspectivas de erros segundo Dekker (2002)
3. Estudos de erros dentro e fora do cockpit segundo O`Hare (1994)

- I. Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram as fases do voo;
- II. Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram os indícios reveladores de uma cadeia de erros;
- III. Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram as causalidades dos acidentes;
- IV. Apresentação dos estudos estatísticos do componente visibilidade quando ocorreram os acidentes;
- V. Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram os tipos e portes das aeronaves;
- VI. Apresentação dos estudos estatísticos dos sub-componentes que integram os eventuais indícios ergonômicos nos grupos.

Os estudos estão todos relacionados à manutenção, embora em alguns casos os pilotos também apareçam com um dos fatores contribuintes, vamos apresentar que as falhas da área de manutenção podem ter sido decisivas para uma tomada de decisão incorreta por parte do piloto. O banco de dados do Aviation Database já estava com dados referentes à pesquisa de Martins (2006) e foi incrementado com pelo menos 100 registros relacionados diretamente a causalidades de acidentes e incidentes aéreos causados por erros humanos na área de manutenção. As listas, os gráficos estatísticos e os comentários serão apresentados na sequência dos descritivos dos itens I a VII. Apresentaremos as funções extração dos produtos de análise de cada item disponibilizados pelo Aviation Database.

4.3 Apresentação dos resultados e discussão dos relatórios

Apresenta-se a seguir os fatores que são determinantes para acidentes aéreos obtidos na nossa pesquisa.

4.3.1 Apresentação do algoritmo (I) sobre a Ação Errada da Tripulação (baseado no algoritmo de O'Hare) impactada por erros de manutenção

De acordo com o resultado da nossa pesquisa, verificou-se que dos 125 acidentes registrados na nossa base de dados, 90 deles (72%) não ocorreram problemas relacionados a erro dos pilotos como fator contribuinte para a ocorrência do acidente, cujo componente de classificação é o A0. Os outros componentes, embora mostrem falhas dos pilotos, podem ser consideradas como contribuintes, visto que o fator principal foi a falha de manutenção. Em alguns casos não pode confirmar se o piloto contribuiu diretamente, visto que no caso da perda de um motor, que uma aeronave pode voar somente com um, muitas vezes a depender dos problemas que ocorrem em consequência desta perda, motor a dirigibilidade da aeronave pode ser tornar impossível. A tabela 18 lista dos os erros referente a este componente, detalhando as 15 (quinze) variáveis que podem ocorrer dentro do cockpit.

Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare)	A
Nenhuma ação errada	A0
Comandos errados	A1
Decisão e julgamento (toque –arremetido)	A2
Falha de checagem/monitoração	A3
Falha de recuperação em perda	A4
Mal julgamento de condições metereológicas	A5
Mal julgamento de altitude, atitude da aeronave e visibilidade	A6
Erro de informação	A7
Erro de diagnóstico	A8
Erro de meta	A9
Erro de estratégia	A10
Erro de procedimento	A11
Erro de ação	A12
Outros erros da tripulação	A13
Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente	A14
Origens aeromédicas e psicossociais	A15

Tabela 12 – Alterações (**vermelho e itálico**) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare (1994))”

A figura 32 mostra um gráfico com as quantidades de erros contributivos para ocorrências de acidentes, sendo que a partir do subcomponente A1 até A15, embora estas falhas sejam imputadas aos pilotos, elas decorreram em função do erro da área de manutenção.

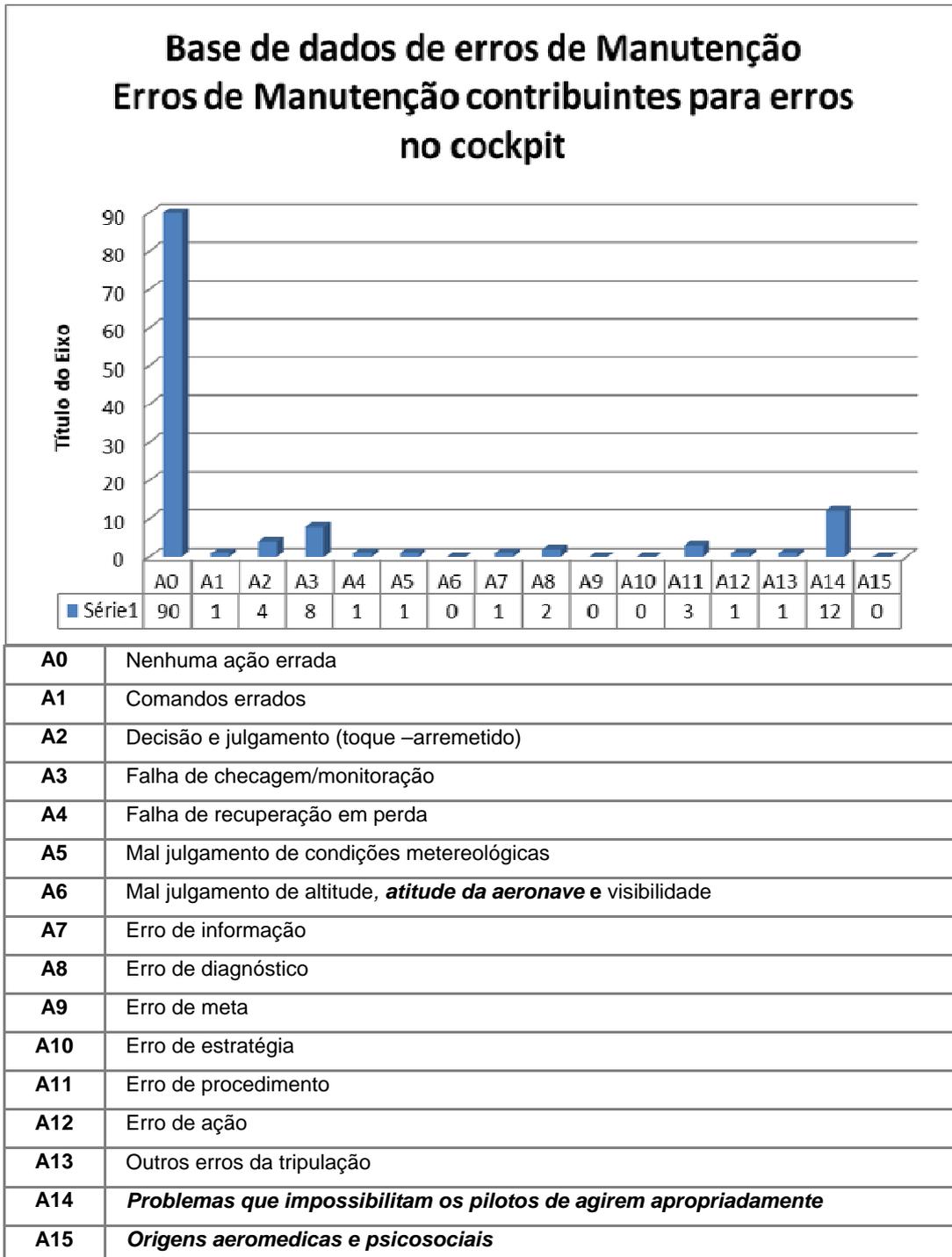


Figura 32- Erros de manutenção contribuintes para erros no cockpit. Fonte: Aviation Database

Foram feitos vários cruzamentos e combinações de erros com diversos fatores que colaboraram para que pudéssemos subtrair as informações de forma que fossem encontrados os diversos fatores contribuintes para a ocorrência de um acidente. Avaliamos os acidentes que tiveram relação com falhas na manutenção de aeronaves, estabelecendo uma ampliação dos estudos ergonômicos anteriores na área de aviação e determinando um novo foco importante nos estudos acadêmicos para obtenção do grau de mestre já realizados anteriormente nesta área e desta vez centrada nas tarefas de manutenção na aviação. Abaixo listamos o resultado do relatório referente à Ação Errada a Tripulação – “A”, onde correlacionamos outros fatores e situações externas que são contribuintes para compor a causalidade de um acidente aéreo. Abaixo temos um relatório na íntegra dos subcomponentes que fazem parte do componente “A” – Ação Errada da Tripulação de acordo com o nosso banco de dados que alimentamos com relatórios referentes a acidentes e incidentes aéreos causados por falha da manutenção. Este relatório é dividido em três partes, sendo o primeiro chamado de Sintético, que informa todos os erros que foram detectados e qual o percentual em relação à pesquisa. Já na segunda parte o relatório detalha os componentes por cada estágio de erro no cockpit segundo Nigel, com os agrupamentos que este autor estudou e gerou estas estatísticas. Finalizando o relatório elaborado a partir do Aviation Database, temos a terceira parte que mostra com a perspectiva de erro no cockpit, segundo Dekker, que embora considere o mesmo número de registros, ele considera ainda quatro registros com influência na área aeromédica. Chamamos a atenção para a diferença entre a quantidade de erros não existentes no cockpit no relatório Sintético e os relatórios de Nigel e Dekker, que tem uma diferença de 12 registros, devido a consideração que o fator A14 – Problema que impede ação do piloto, estes autores consideram que o piloto também não teve participação no acidente relatado. Segue a abaixo o relatório na íntegra:

4.3.1. (i) Edição indexada por ocorrência no cockpit - sintético

TOTAL de Nenhuma ação errada cockpit	: 90 perc s/total= 72.00 %
TOTAL de Comandos errados	: 1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Ação/julgamento-toque arremetido	: 4 perc s/total= 3.20 %
TOTAL de Falha de checagem/monitoração	: 8 perc s/total= 6.40 %
TOTAL de Falha de recuperação em perda	: 1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Mal julgmt.o.altit.visib.DESORIENTC:	1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Erro de informação	: 1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Erro de diagnostico	: 2 perc s/total= 1.60 %
TOTAL de Erro de procedimento	: 3 perc s/total= 2.40 %
TOTAL de Erro de ação	: 1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Outros erros da tripulação	: 1 perc s/total= 0.80 %
TOTAL de Problema que impede ação do piloto:	12 perc s/total= 9.60 %

Total registros= 125

Totais por focos de análise - Núcleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125

Não houve = 102 ocorrências - 81.60 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit

A14 - Problema que impede ação do piloto

Erro de Ação = 6 ocorrências - 4.80 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperação em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de ação

Erro de decisão= 15 ocorrências - 12.00 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoração

A5 - Mal julgamento cond. metereológicas

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnostico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estratégia

Erro de informação = 1 ocorrências - 0.80 %

A7 - Erro de informação

Erro a avaliar ou sem avaliação = 1 ocorrências - 0.80 %

A13 - Outros erros da tripulação

**Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)
num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129**

Não houve = 102 ocorrências- 81.60 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit 90

A14 - Problema que impede ação do piloto 12

Erro SISTEMICO= 6 ocorrências- 4.80 %

A1 - Comandos errados 1

A4 - Falha de recuperação em perda 1

A11 - Erro de procedimento 3

A12 - Erro de ação 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrências- 12.80 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido 4

A3 - Falha de checagem/monitoração 8

A5 - Mal julgamento cond. metereológicas 0

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 1

A7 - Erro de informação 1

A8 - Erro de diagnostico 2

A9 - Erro de meta 0

A10 - Erro de estratégia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicossocial 4

4 ocorrências em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra

4 ocorrências em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliação = 1 ocorrências- 0.78 %

A13 - Outros erros da tripulação 1

Vetores trabalho e agravos de saúde na amostra:

Vetor saúde: 4

4 ocorrências em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7

7 ocorrências em 125 = 5.60 %

Ocorrências: com visibilidade 110 - 88.00 % sem visib.- 15 - 12.00 %

Através das figuras 33 e 34 extraídos da base de dados dos acidentes aéreos lançados no Aviation Database, podemos observar a perspectiva aeromedica ou psicossocial dos indícios relacionados aos acidentes que foram compilados nesta base. De acordo com a classificação dada por Dekker, o fato do piloto não ter nenhuma influência como causa contribuinte e nem ter tido condições de tomar qualquer ação, ele considera que estes indícios devem ser acumulados, assim como os fatores relacionados ao Erro Sistêmico com 6 ocorrências e o Erro Cognitivo, com 16 ocorrências, além da influência Aeromedica/Psicossocial. Vale salientar que muitas vezes alguns erros são correlacionados e as suas ocorrências podem acontecer em um mesmo relatório final de acidentes/incidentes pelos órgãos internacionais (*op.cit.*).

Descrição do Erro	NUMERO
0 -Nenhuma ação err	90
1 -Comandos errados	1
2 -Ação/julgamento	1
3 -Falha de checagem	8
4 -Falha de recuper	1
6 -Falha julgado, aléi	1
7 -Erro de informac	1
8 -Erro de diagnost	2
11 -Erro de procedim	3
12 -Erro de ação	1
13 -Outros erros da	1
14 -Problema que imp	18

Figura 33 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial segundo O'Hare – Fonte: Aviation Database

Descrição do Erro	NUMERO
Nenhuma erro cockpit	183
Perspect Sistêmica	0
Perspect Cognitiva	16
Outro aeromedica/ps	1
à avaliar/sem avali	1

Figura 34 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial segundo Dekker – Fonte: Aviation Database

Vimos nos nossos relatórios que o número de ocorrências relacionadas a problemas no cockpit como fator contributivo para um acidente foi alto, com 90 ocorrências, equivalente a 81,90% dos registros, de acordo com a classificação de O'Hare de acordo com a figura 33. Vale destacar que os erros sistêmicos, embora sejam relativamente baixos, com 6 registros (4,80%) pode ser considerados como fatores contributivos, pois no caso o piloto muitas vezes estavam impossibilitados de controlar a aeronave devido aos problemas já causados pela falha apresentada.

Vale destacar ainda neste relatório extraído do Aviation Database, que o fator visibilidade, que será tratado posteriormente, pode ser contribuinte para a ocorrência de um acidente, uma vez que no caso de falha de um componente que informe a localização da aeronave ou mesmo da pista, a falta de visibilidade pode vir a contribuir para que o acidente ocorra.

4.3.2 Componente de classificação (II)- Fases do voo – Análise Estatística

De acordo com os órgãos internacionais foram definidas sete fases de voo, onde nas análises dos acidentes e incidentes aéreos este fator sempre é levado em consideração, visto que a depender da fase em que a aeronave se encontra, fica mais difícil para o piloto tomar qualquer ação de modo a evitar ou minimizar as consequências do acidente. Estas fases já foram citadas anteriormente na página 45, que define cada fase do voo conforme lista abaixo:

1. Táxi
2. Decolagem
3. Subida
4. Cruzeiro
5. Descida
6. Aproximação
7. Pouso

De acordo com as estatísticas retiradas no relatório retirado do Aviation Database, pudemos avaliar a participação em números reais e percentuais baseados nas amostras registradas no banco de dados, sendo que este fator pode ser determinante para que o piloto atue de forma a evitar o acidente ou mesmo minimizar suas consequências. Este componente taxonômico esta representado na figura 35.

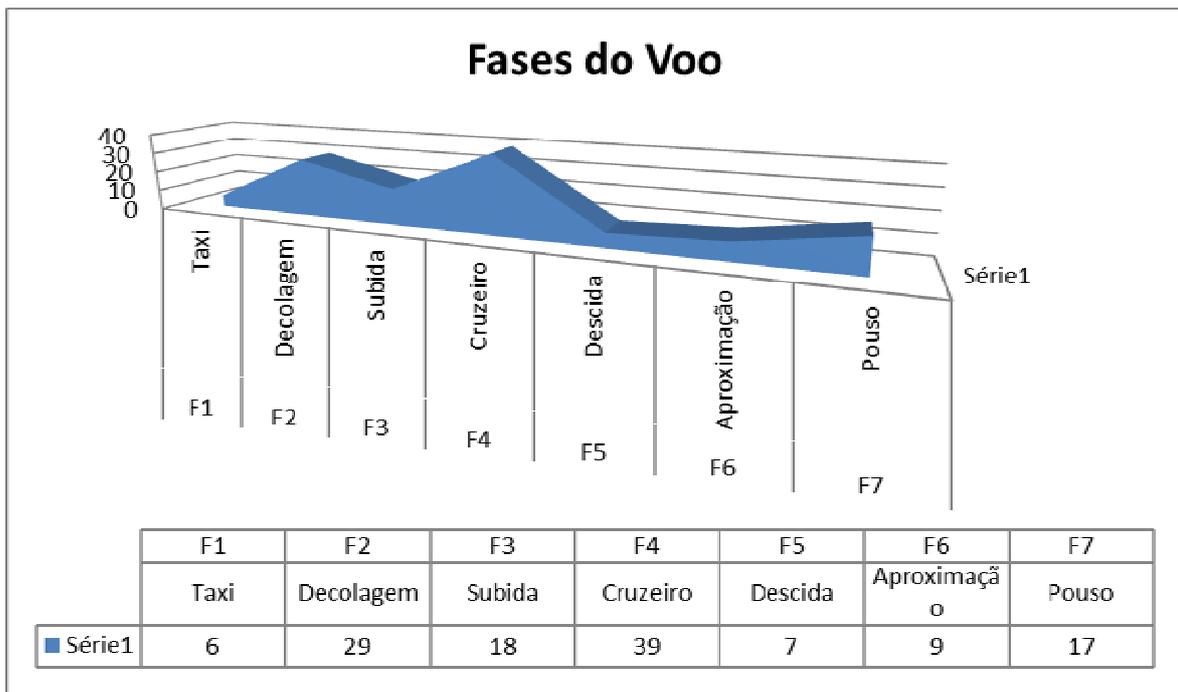


Figura 35 – Ocorrência nas Fases do Voo – Fonte: Aviation Database

A figura 35 mostra a fase das ocorrências dos fatores listados onde notamos que, embora a maior frequência da amostra esteja na Fase 4 considerada de Cruzeiro, são as Fases 2 (Decolagem), Fase 3 (Subida) e na Fase 7 (Pouso) onde tivemos na nossa amostra os acidentes com maior quantidade de vítimas e destruição total da aeronave, visto que nestas fases os pilotos tem pouco tempo para tomar decisões corretas e reduzir as consequências do acidente. Na Fase 4 (Cruzeiro) alguns acidentes registrados que ocorreram nesta fase, principalmente relacionados a problema estruturais, onde as aeronaves se desintegraram no ar ou mesmo perderam parte da sua fuselagem foram em sua maioria fatais.

Podemos citar o caso do acidente ocorrido com o avião 737-200 da Aloha Airlines, que em abril de 1988, em rota de Hilo, Havaí, Honolulu, experimentou uma descompressão explosiva em que aproximadamente 18 pés de cobertura da cabine e estrutura de popa da porta de entrada e acima da cabine de passageiros, incluindo o piso foram separados da aeronave. Uma aeromoça que estava de pé no corredor foi imediatamente arremessada ao mar. O voo foi desviado para Maui em um pouso de emergência foi feito, conforme descrição detalhada no Anexo I. A figura 36 mostra o gráfico gerado pela Aviation Database para ilustrar melhor as ocorrências registradas nas fases dos voos.

MATRIZ- Fase do Voo 16/07/2011
Escala- <x1>

Taxi	Deco	Subi	Cruz	Desc	Apro	Pous					
6	29	18	39	7	9	17	0	0	0	0	0
Soma total <x1> = 125,00											
Max- 39,00 -Cruzeiro						Parametros		Divisor- 0			
						Ajuste- 1,55					
Registros											
Taxi											NUMERO
Decolagem											6
Subida											29
Cruzamento											18
Descida											39
Aproxima											7
Pouso											9
											17

Esc-sai <F1-< x > <enter>-valor> < F8 >-Totais Dekker COGNITIVO

Figura 36 – Ocorrências de problemas relacionadas à Manutenção durante as Fases de Voo –
Fonte: Aviation Database

As Fases de Voo são muitas vezes fatores contribuintes nas consequências dos problemas relacionados a erros de manutenção como causalidade de um incidente aéreo. Um dos problemas que foram adicionados ao banco de dados do software, foi relacionado ao trem de pouso. Podemos avaliar a situação numa comparação básica entre três Fases do Voo, a Fase 1 (Taxi), a Fase 2 (Decolagem) e a Fase 7 (Pouso). No caso de qualquer problema ocorrer com o trem de pouso na Fase 1, a possibilidade de danos à aeronave conseqüentemente as fatalidades são bem menores, devido a aeronave estar no solo e normalmente em baixa velocidade. Já nas Fases 2 e 7, o artefato normalmente esta em alta velocidade, se preparando para decolar ou pousar, onde qualquer problema estrutural do trem de pouso deixa o piloto praticamente sem ter condições de tomar qualquer ação para amenizar o problema. Na nossa pesquisa sobre acidentes e incidentes aéreos existem vários relatórios que citam problemas nos trem de pouso e temos dados que confirmaram os comentários acima.

4.3.3 Componente de classificação (III)- Indícios reveladores de uma cadeia de erros

Iremos iniciar a apresentação dos resultados da nossa pesquisa mostrando como alguns fatores são determinantes para a ocorrência dos acidentes aéreos. Embora nossa pesquisa seja focada em indícios relacionados à área de manutenção, notamos que fatores como treinamento, problemas administrativos e outros que estão envolvidos também contribuem com fatores que acabam contribuindo para ocorrência de acidentes aéreos.

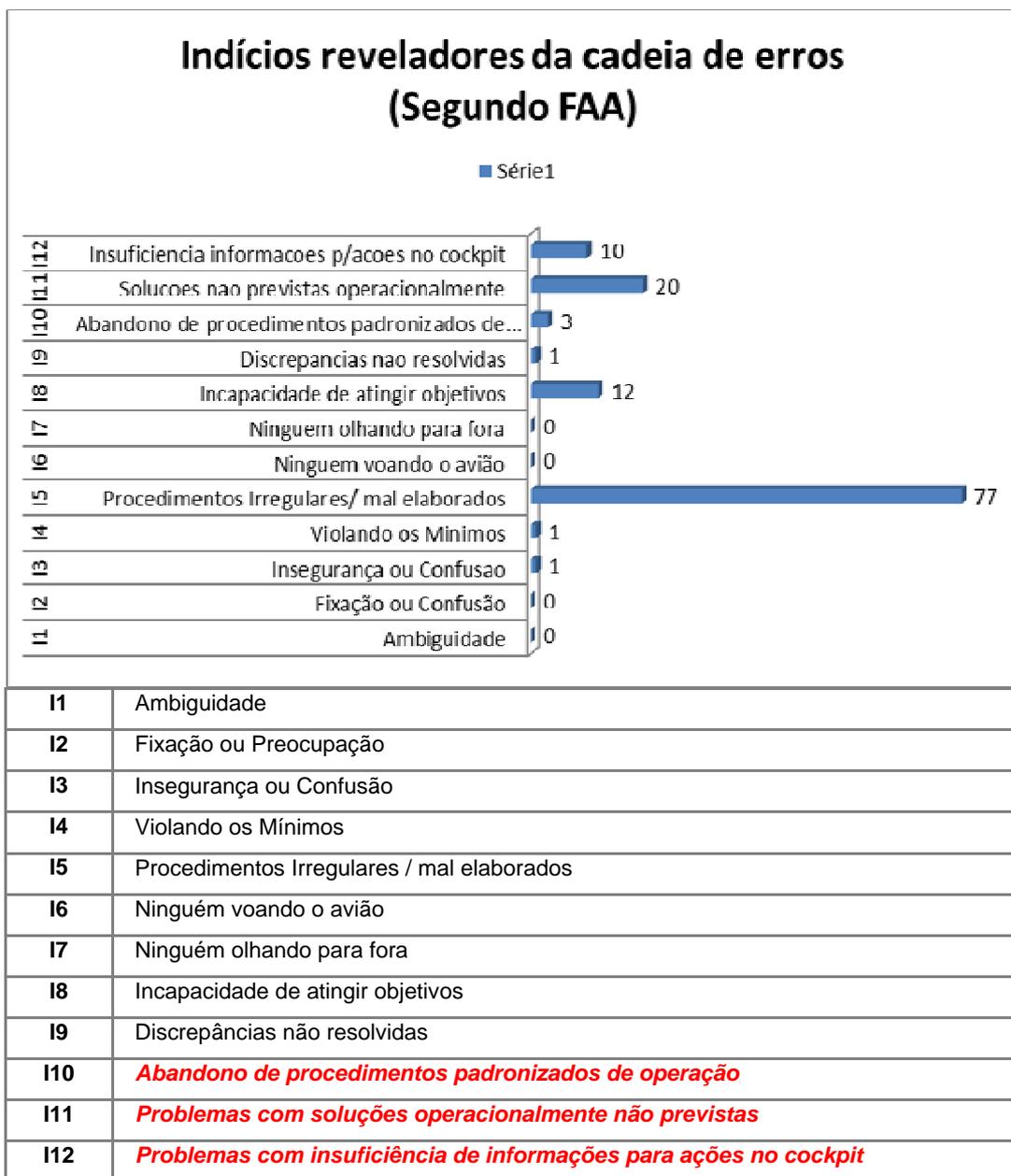


Figura 37 – Indícios reveladores de cadeia de erros – Fonte: Aviation Database

De acordo com os indícios da cadeia de erros segundo o FAA, vimos que pela nossa pesquisa de acordo com a figura 37, que o alto índice de procedimentos irregulares ou mesmo mal elaborados, com 77 pontos, ou seja, cerca de 61% que aparecem na pesquisa colaboram de forma crucial nas ocorrências.

4.3.3. (i) Indícios de uma cadeia de erros – Base de discussão

Estes indícios que foram pesquisados segundo a FAA, buscam sempre a investigação da origem do problema, embora normalmente este nem sempre seja o fator determinante e único para ocorrência de um acidente. Normalmente este é um ponto de partida para se chegar às causas diretas, que podem estar relacionadas a vários fatores, que passam a contribuir para as ocorrências.

Estes fatores são estudados de acordo com várias condicionantes que estão à volta da ocorrência, como visibilidade, tipo de aeronave, fases do voo, condições de visibilidade, treinamento do engenheiro de manutenção e principalmente o tempo para se executar a tarefa, onde se encaixam os indícios de origens ergonômicas nestes erros. Podemos avaliar que na figura 38, os indícios apontados como falha nos procedimentos de manutenção I5 são fatores contributivos que nem sempre conduzem os pilotos às falhas, pois estes muitas vezes tem o desconhecimento do problema, mas sim das consequências que estes geraram.

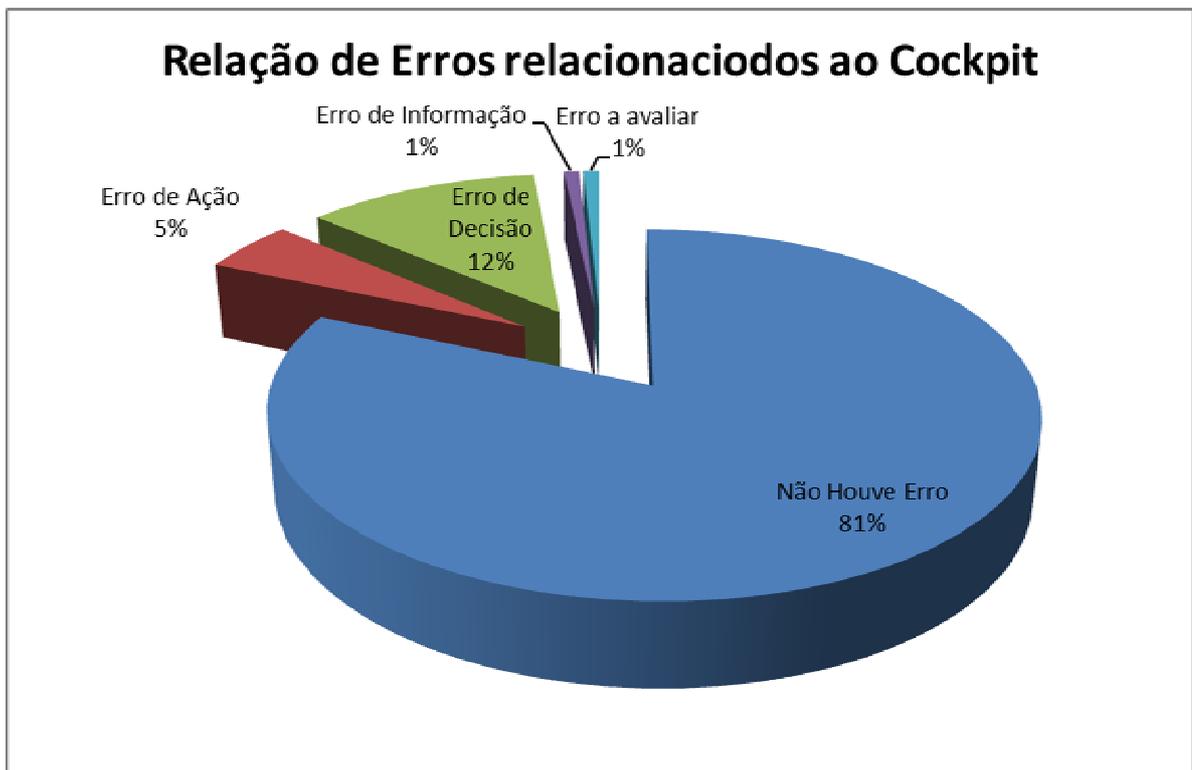


Figura 38 – Relação de erros relacionados ao Cockpit – Fonte: Aviation Database

Vários acidentes ocorreram em função dos fatores contribuintes que muitas vezes tornam a aeronave indirigível, de forma que o piloto, por mais que ele tente ele acaba se tornando incapaz de tomar qualquer ação que evite o acidente. Em alguns casos os pilotos são citados nos relatórios por não ter tomado ações que seriam consideradas como rotina em caso de situações de emergência, como a perda de um motor, um pouso sem o trem de pouso ou mesmo fogo nos motores como ocorreu com um Lockheed L-1011 com 10 tripulantes e 162 passageiros a bordo estava em um voo de Miami, nos Estados Unidos para Nassau nas Bahamas. Durante a descida em Nassau, a luz de baixa pressão de óleo do motor central acendeu indicando o problema. O motor foi desligado e logo a seguir um dos dois motores pegou fogo e outro entrou em colapso. Durante algum tempo a aeronave desceu praticamente em queda livre enquanto os pilotos tentavam parar o motor que eles haviam desligado. A 4.000 pés o motor foi religado e a aeronave conseguiu pousar em emergência em Miami com somente um motor. Esta ocorrência está detalhada na página 206 da nossa tese, que mostra que a falha principal foi o procedimento adotado para troca dos oring's (vedadores de borracha) dos motores.

A situação citada mostra como um procedimento mal elaborado ou irregular pode ser o fator principal para ocorrência de um acidente aéreo. No caso, se os pilotos não tivessem tomado as decisões corretas e os procedimentos para situações de emergência, fora a sua capacidade de tomar decisões fora dos padrões, poderia ter sido imputadas responsabilidades devido a não seguir os protocolos previstos nestas situações. No caso os pilotos adotaram situações que puderam ser consideradas nos indícios I10 e I11. No caso do I10 eles tiveram que abandonar os padrões e ligar um motor que já estava com problemas e no indício I11, tomar ações não previstas operacionalmente. Ao analisarmos esse incidente, vale ressaltar que tanto o mecânico, tanto o piloto executaram suas tarefas de forma correta e dentro do estabelecido quando na hora de fazer a manutenção nos motores do Lockheed 1011, quanto o piloto, quando recebeu a aeronave em condições de voo. As ocorrências posteriores foram consequências de erros relacionados a elaboração dos procedimentos de manutenção, no caso o indicio I5 - Procedimentos Irregulares/ mal elaborados.

4.3.4 Componente de classificação (IV)- Causalidade dos Acidentes - Estudos estatísticos dos seus sub- componentes.

Como todos os componentes de classificação do Aviation Database, o componente de classificação de causalidades também foi baseado em órgãos reconhecidos internacionalmente, com o caso do CENIPA e do NTSB, que foi a

base para classificação destes erros. Eles indicam os problemas, eventos e ações que são considerados como causalidades dos erros que conduzem a acidentes aeronáuticos, sendo que estas causalidades foram divididas em 18 subcomponentes, listados a seguir:

- C1- Controle de tráfego aéreo e problemas de navegação;
- C2- Acidentes com carga/porta de carga/ dispositivos;
- C3- Colisões (colisões no ar e no chão);
- C4- Fatores externos, graves problemas meteorológicos, raio;
- C5- Tripulação- drogas, álcool, condição mental, cansaço/fadiga;
- C7- Pouso/decolagem-erro velocidade ou inapropriada, comandos travados/ configuração;
- C8- Manutenção- falha de direivas, instalação errada de componente;
- C9- Resultado- pouso de emergência, perda de controle;
- C11- Condições meteorológicas desfavoráveis/ má visibilidade/noite;
- C12- Ação terrorista sequestros e passageiros- ataque guerra;
- C14- Desconhecido- causas indeterminadas;
- C16- Imprevisibilidade -falta avaliação-situações que geram erros;
- C17- Imprevisibilidade – avaliação errada - desinformação – informação errada/incompleta;
- C18- Problemas corporativos-normas não apropriadas para voo com segurança.

De acordo com a figura 39, podemos observar que nossa amostra, embora focada nas causalidades voltadas para a área de manutenção, o subcomponente C8 – Manutenção-Falha de emergência – instalação errada de componentes, notamos que os problemas administrativos, o subcomponente C18 também participa de uma forma destacada em relação a outros fatores. Muitas vezes a corporação não dá condições de trabalho para a manutenção como peças de reposição, motiva reaproveitamento de peças, ou mesmo um controle de almoxarifado levando a situações onde os mecânicos podem receber peças que deveriam ser descartadas ou mesmo enviadas para reparo. Já existem comprovações que muitas vezes algumas organizações comprem peças no chamado “mercado paralelo”, onde a confiabilidade destas peças são colocadas em dúvida quanto a sua qualidade e durabilidade.

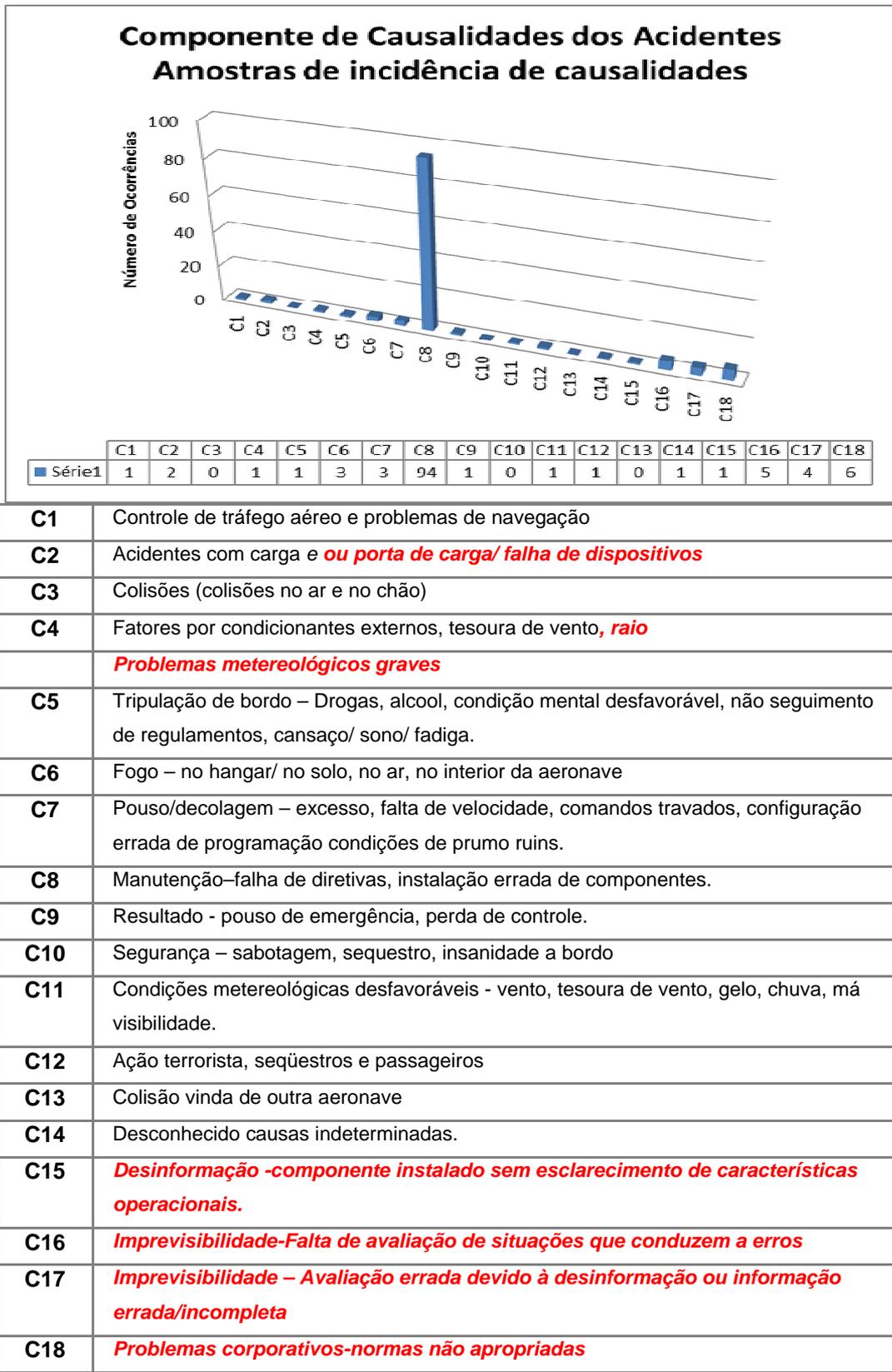


Figura 39 – Gráfico de amostra de incidência de causalidades – Fonte: Aviation Database

Na figura 40 temos a tela do Aviation Database informando a causalidade dos acidentes de forma a destacar as causas referentes a ação da área de manutenção e logo a seguir, a figura 41 destaca para Perspectiva Aeromédica ou

Psicossocial segundo Dekker, que mostram como os erros de manutenção muitas vezes impossibilitam que o piloto tome qualquer ação de correção ou mesmo que seja responsabilizado pelo acidente. O importante é destacar que nestes casos são imputadas a manutenção boa parte das causalidades, mas existem fatores que nem sempre são levados em consideração como erros de procedimentos dados pelos fabricantes, falta de ferramental apropriado, falta de componentes para substituição ou erro nos projetos que também devem ser considerados como fatores contribuintes.



Figura 40 –Tela de amostra de incidência de causalidades – Fonte: Aviation Database



Figura 41 – Perspectiva Aeromédica ou Psicossocial segundo Dekker – Fonte: Aviation Database

Podemos ainda levar em consideração que muitas das atitudes da área de manutenção em liberar uma aeronave para voo nem sempre esta voltada para o interesse da segurança, embora esta tivesse que ser uma premissa básica dos mecânicos. Muitas vezes vemos que problemas administrativos podem levar a várias situações que impossibilitam que a manutenção possa fazer seu trabalho de forma a garantir o máximo de segurança. Como o caso recente ocorrido na Aeronave da NOAR, o Let L-410UVP-E20, prefixo PR-NOB que voava de Recife para Natal que caiu próximo a praia de Boa Viagem. Este acidente ainda demorará a ser concluído e por isso não irá entrar diretamente na nossa base de dados, mas todos os indícios indicam falhas relacionadas à área de manutenção e principalmente administrativas.

4.3.4. (i) Cruzamentos de dados influenciados pelo componente Causalidade dos Acidentes

Quando do cruzamento de dados relacionados a causalidades, notamos que haverá uma multiplicidade de ocorrências, visto que esta correlação irá nos informar como uma causalidade acaba influenciando na ocorrência da outra. Para avaliarmos esta condição, fizemos um cruzamento entre três subcomponentes, que foram C8 (Manutenção- falha de diretivas, instalação errada de componente), C17 (Imprevisibilidade – avaliação errada - desinformação – informação errada/incompleta) e C18 – (Problemas corporativos-normas não apropriadas para voo com segurança). De acordo com o relatório sintético que reproduzimos na íntegra abaixo, notamos que estas correlações acabam revelando que tanto nos componentes segundo as classificações de Nigel e Dekker, o piloto continua com menor influência nos erros, porém devido aos problemas acabam sendo imputadas a eles responsabilidades de erros devido à tentativa de ações para tentar sanar os problemas. Segue abaixo o relatório sintético da correlação de causalidades:

Total registros correlacionados= 206

Filtro 1= C8 -

Filtro 2= C17-

Filtro 3= C18-

Totais por focos de analise - Núcleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 206

Não houve = 163 ocorrências - 79.13 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit

A14 - Problema que impede ação do piloto

Erro de Ação = 13 ocorrências - 6.31 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperação em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de ação

Erro de decisão= 29 ocorrências - 14.08 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoração

A5 - Mal julgamento cond. metereológicas

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnostico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estratégia

Erro de informação = 0 ocorrências - 0.00 %

A7 - Erro de informação

Erro a avaliar ou sem avaliação = 1 ocorrências - 0.49 %

A13 - Outros erros da tripulação

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados -206 incluindo aeromedicos-209

Não houve = 163 ocorrências- 79.13 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit 158
 A14 - Problema que impede ação do piloto 5

Erro SISTEMICO= 13 ocorrências- 6.31 %

A1 - Comandos errados 2
 A4 - Falha de recuperação em perda 2
 A11 - Erro de procedimento 6
 A12 - Erro de ação 3

Erro COGNITIVO= 29 ocorrências- 14.08 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido 8
 A3 - Falha de checagem/monitoração 16
 A5 - Mal julgamento cond. meteorológicas 0
 A6 - Mal julgmt. altit. visib. DESORIENTC 0
 A7 - Erro de informação 0
 A8 - Erro de diagnóstico 5
 A9 - Erro de meta 0
 A10 - Erro de estratégia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicossocial 3
 3 ocorrências em 209 = 1.44 % -> incluindo componente A15 na amostra
 3 ocorrências em 206 = 1.46 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliação = 1 ocorrências- 0.48 %

A13 - Outros erros da tripulação 1

Vetores trabalho e agravos de saúde na amostra:

Vetor saúde: 3
 3 ocorrências em 206 = 1.46 %
 Vetor trabalho: 12
 12 ocorrências em 206 = 5.83 %

Ocorrências: com visibilidade 190 - 92.23 % sem visib.- 16 - 7.77 %

Diante deste relatório podemos destacar que a falta de visibilidade passa a ser um fator contributivo para a ocorrência de acidentes, visto que na falta de instrumentos ou mesmo que estes passem informações equivocadas. No caso da manutenção vale destacar que muitas vezes estes profissionais estão trabalhando em condições adversas que não permite que o trabalho seja feito de forma correta e segura. Como no caso do British Airways BAC-111, que em Junho de 1990, um para-brisa de um avião da British Airways explodiu quando a aeronave estava subindo para a altitude de cruzeiro, ejetando o corpo do piloto parcialmente pela janela aberta. Durante o turno da noite anterior, o para-brisa tinha sido instalado por um gerente de turno de manutenção. Durante o turno da noite faltou pessoal e o gerente estava tentando ajudar, realizando o trabalho sozinho. No entanto, no caso os erros do gerente não ocorreram de forma isolada. O local criado na aeronave não dava acesso fácil para o para-brisa e o gerente que fez a substituição teve de se esticar para instalar os parafusos, dando-lhe uma visão ruim na hora da execução da sua tarefa. Em parte como resultado disso, ele não notou que do lado esquerdo do para-brisa não havia ficado na posição correta em função dos parafusos inadequados. Ele usou uma chave de fenda de torque devido à limitação para fixar os parafusos. Houve outro fator contributivo para o ocorrido, visto que não houve exigência do manual de manutenção para uma verificação de pressão ou fazer uma inspeção dupla, segundo as investigações da Air Accident Investigation Branch (1992). Alguns dos aspectos destacados por este acidente foram os locais de armazenamentos de peças, as questões de turno da noite, os níveis de efetivos e da participação dos supervisores em hands-on de manutenção, visto que os mesmos não estão acostumados com o dia a dia das atividades de manutenção.

4.3.5 Componente de classificação (V)- Componente Visibilidade – Estudos estatísticos

O fator visibilidade pode ser considerado como contributivo quando da ocorrência de um acidente é a falta de visibilidade do piloto durante uma situação de emergência muitas vezes pode ser determinante no que diz respeito às ocorrências. Na nossa pesquisa consideramos também a falta visibilidade do mecânico quando da execução da sua tarefa, como foi relatado no exemplo do

componente anterior, no caso do British Airways BAC-111, que em Junho de 1990, durante a troca de um para-brisa de um avião da British Airways pelo gerente de manutenção. Neste caso específico, a falta de visibilidade não permitiu ao mecânico ter acesso visual para executar sua tarefa e tão pouco conferir se esta foi executada com êxito. As figuras 42 e 43 mostram os quantitativos percentuais e reais da nossa amostra.

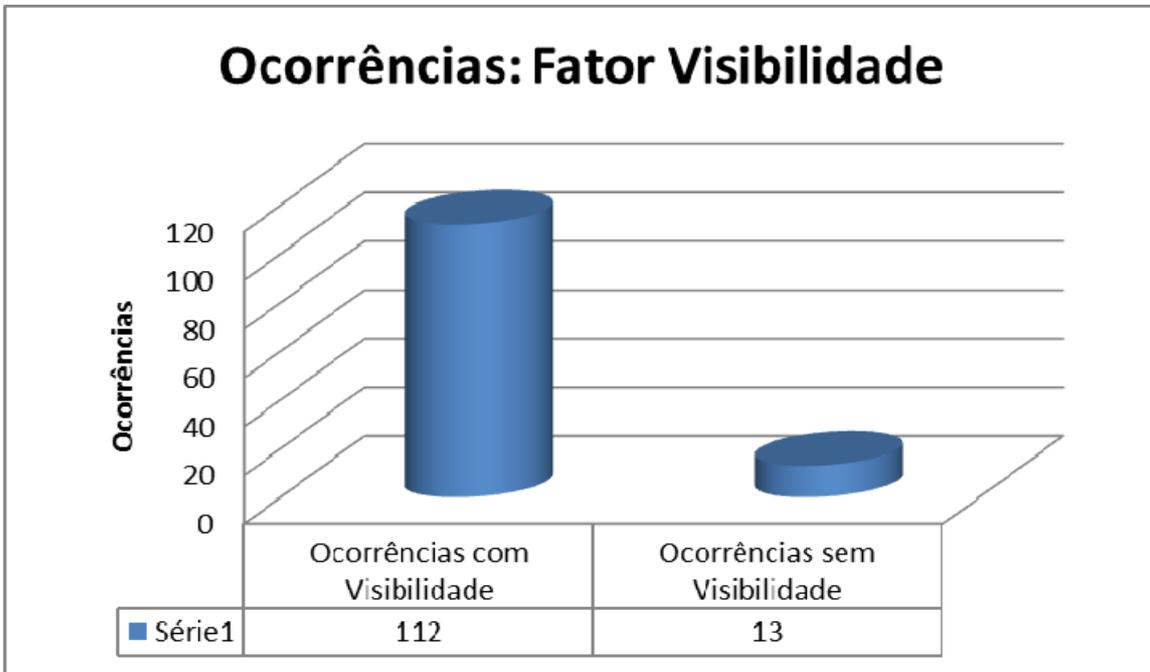


Figura 42 – Ocorrências ocasionados com e sem visibilidade – Fonte: Aviation Database

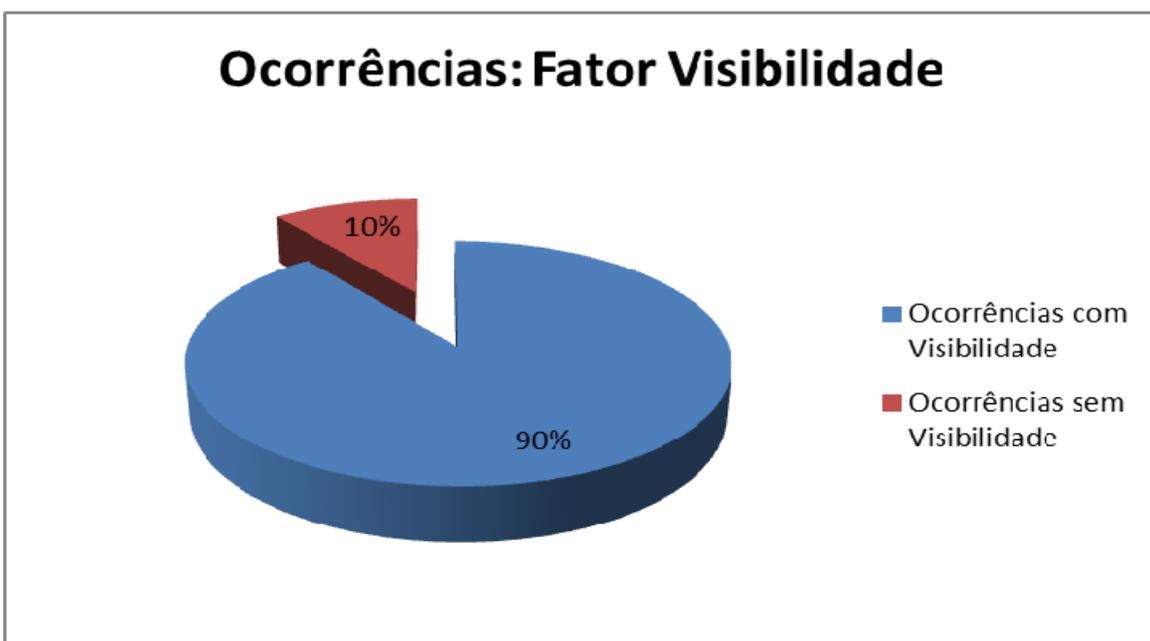


Figura 43 – Ocorrências ocasionados com e sem visibilidade % – Fonte: Aviation Database

Este fator de acordo com os registros dos órgãos internacionais de investigação de acidentes aéreos, sempre é destacado como uma forma de verificar se a visibilidade ou a falta desta poderá ser contributivo para o acidente.

4.3.6 Componente de classificação (VI)- Porte das Aeronaves – Estudos Estatísticos

Apresentamos nestes gráficos das figuras 44 e 45 o porte das aeronaves que foram pesquisadas e lançadas no sistema Aviation Database, percentualmente e em números exatos. Através do nossa pesquisa podemos observar que alguns acidentes relacionados à área de manutenção eram mais frequentes em alguns tipos de aeronaves a depender do seu porte, como podemos destacar algumas estatísticas.

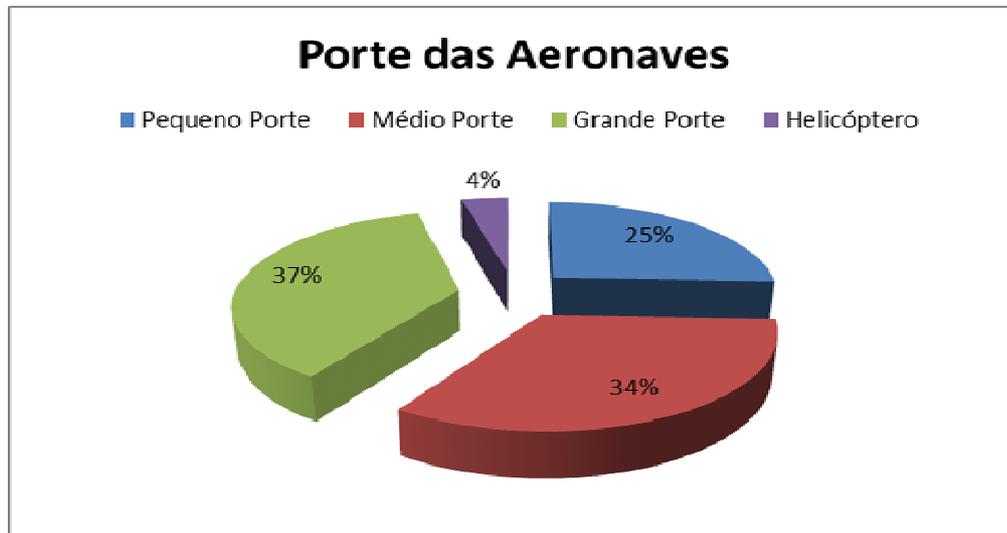


Figura 44 – Porte das Aeronaves – Fonte: Aviation Database

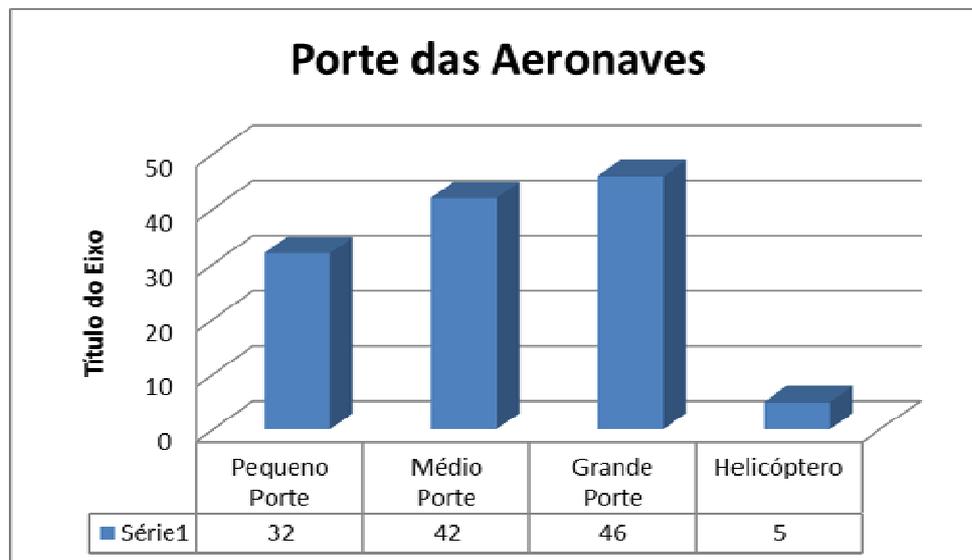


Figura 45 – Porte das Aeronaves – Fonte: Aviation Database

Nas aeronaves de Pequeno e Médio Porte foram percebidos que aproximadamente 40% dos relatórios apresentaram problemas relacionados a trem de pouso, 18% referente aos motores e 15% relativos à montagem dos elevadores que controlam o pitch up e pitch down¹⁵ das aeronaves, onde o fator principal foi a inversão dos comandos que acabam fazendo a aeronave cair logo após a decolagem. Já nas aeronaves de Grande Porte foi notado que a em 25% dos problemas teve sua origem nos motores e pelo menos 12% referentes a falhas de projetos e das estruturas.

4.3.7 Componente de classificação (VII)- Indícios Ergonômicos – Estudos Estatísticos

Quando nos deparamos com erros quando do uso dos equipamentos, sejam ele de qualquer porte na aviação, os aspectos cognitivos ou os diversos fatores ergonômicos podem ser considerados como contribuintes para ocorrência de um acidente. Nossa pesquisa focou nos fatores ocorridos fora do cockpit que por consequência acabou resultando em acidentes que variaram desde perdas materiais até perdas humanas, como constam nos relatórios pesquisados. Durante nossa pesquisa e construção dos relatórios, o Aviation Database possibilitou o correlacionamento dos indícios ergonômicos. Estes correlacionamentos dos algoritmos taxonômicos possibilitaram que nós chegássemos a conclusões de como os estes erros ocorrendo materializam um acidente, onde dificilmente um único fator é determinante para a ocorrência. Os indícios ergonômicos que foram correlacionados estão na tabela 13 a seguir:

¹⁵ Pitch up – Aeronave em posição de subida (Nariz para cima)
Pitch down – Aeronave em posição de descida (nariz para baixo)

Eventuais indícios de causas ergonômicas	BN
Problema estrutural (materiais)	B1
Erro de projeto	B2
Escolha errada de aeronave	B3
Pessoal de apoio de terra	B4
Estresse	B5
Torre de controle (Procedimento com ATC – <i>Air Traffic Control</i>)	B6
Fadiga e problemas fisiológicos/ Distúrbios fisiológicos	B7
Problemas psicológicos e emocionais	B8
Erro de liderança	B9
Problemas de capacitação	B10
Treinamento inadequado / Treinamento deficiente	B11
Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos	B12
Erro de layout	B13
Sobrecarga emocional e / ou cognitiva	B14
Distribuição errada da tarefa	B15
Instrumentos em posição deficiente	B16
Erro de linguagem	B17
Erro comunicacional	B18
Erro de informação	B19
Erro coletivo	B20
Outros problemas ergonômicos / cognitivos	B21

Tabela 13 - Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos

4.3.7. (i) Discussão preliminar dos dados- componente que integram os eventuais indícios ergonômicos

Após elaborarmos os relatórios de acordo com os dados pesquisados e inseridos no Aviation Database, nosso foco foi sempre voltado para área de manutenção, no caso o subcomponente B12 (Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos). Vale destacar que nem sempre um único indício de causa ergonômica está caracterizado no registro, como está destacado na figura 46, onde embora o número de registros de acidentes aeronáuticos relacionados a problemas de manutenção por nós inseridos no sistema tenham sido de 125, notamos que estes indícios foram identificados e relacionados 245 vezes nestes mesmos registros.

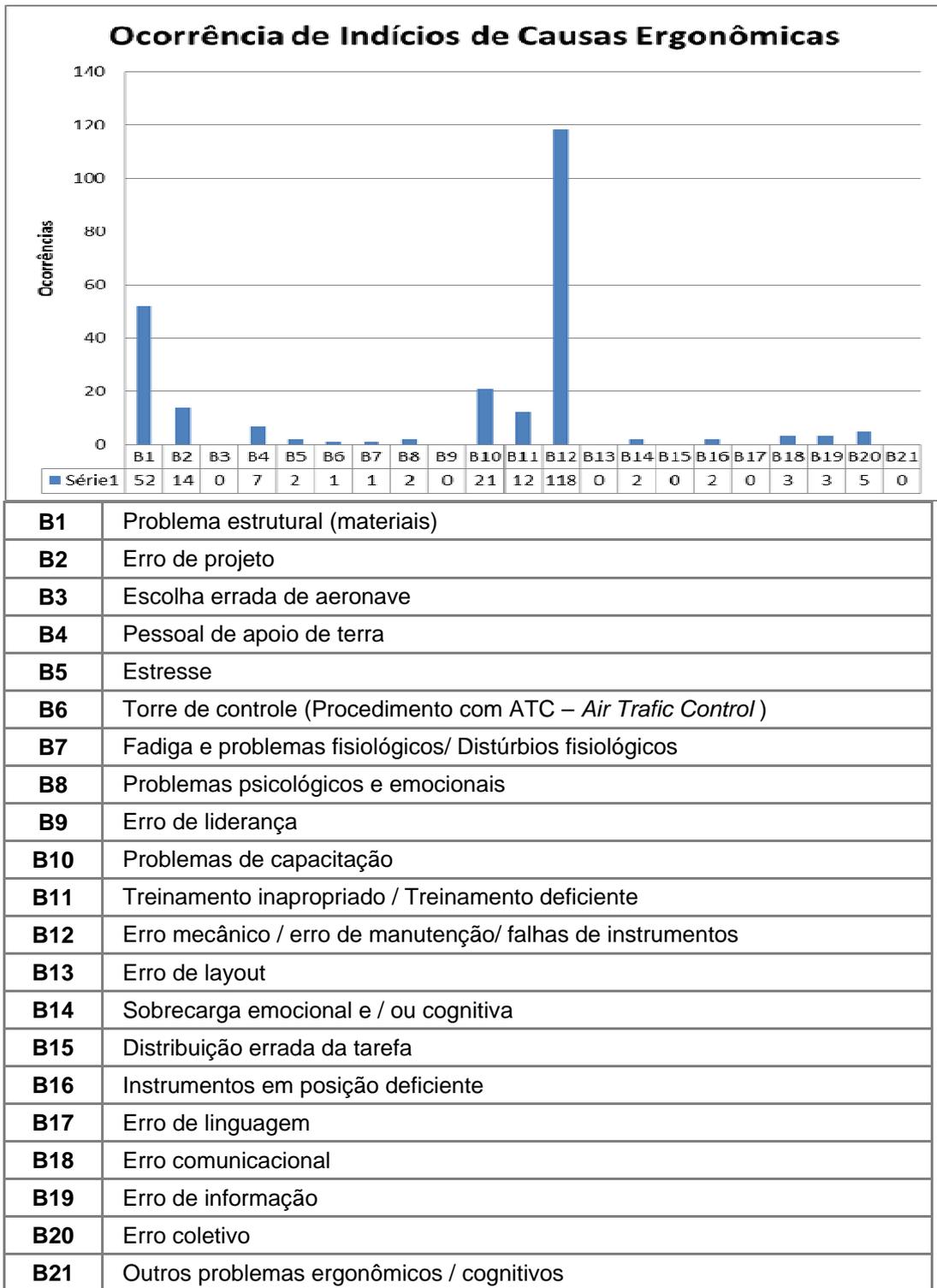


Figura 46 – Ocorrência de Índícios de Causas Ergonômicas – Fonte: Aviation Database

Vale destacar que os indícios relacionados à problemas estruturais, no caso o subcomponente do índice B1 foi identificado 52 vezes. Constatamos que os problemas de relacionados a materiais e estruturas se apresentaram principalmente nos trem de pouso, nos motores e principalmente no corpo das aeronaves. Os problemas estruturais se apresentaram principalmente nas aeronaves grande porte, onde devido a pressurização e despressurização

constante da cabine, vários acidentes foram relatados. Em alguns casos ocorreu a destruição parcial da fuselagem em pleno voo, como no caso do 737-200 da Aloha Airlines que teve parte da cabine frontal dos passageiros arrancada em pleno voo como já relatamos anteriormente. Já alguns relatos descreveram a desintegração total da aeronave em voo de cruzeiro, segundo nosso registro número 59 do Aviation Database, quando um Antonov 24RV de Prefixo RA-46516 de fabricação Russa, que durante o voo teve o rompimento da sua estrutura e se desintegrou no ar devido a corrosão e falhas de inspeção pela manutenção. Outro ponto a se destacar são as ocorrências por indícios de causas ergonômicas quando da ocorrência da falha de estrutura B1 nos trem de pouso das aeronaves. Quando esta ocorrência aconteceu durante a fase de voo F1 (Taxi), os danos materiais foram pequenos, mas quando estes problemas ocorreram nas fases F2 (Decolagem) e na F7 (Pouso), além das perdas materiais serem muito maiores, na maioria das vezes houve perdas de vidas.

As figuras 47, 48, 49 e 50 demonstram os gráficos gerados pelo Aviation Database como a correlação do indícios B1, B2 e B12 indicando as ocorrências e sua frequência.

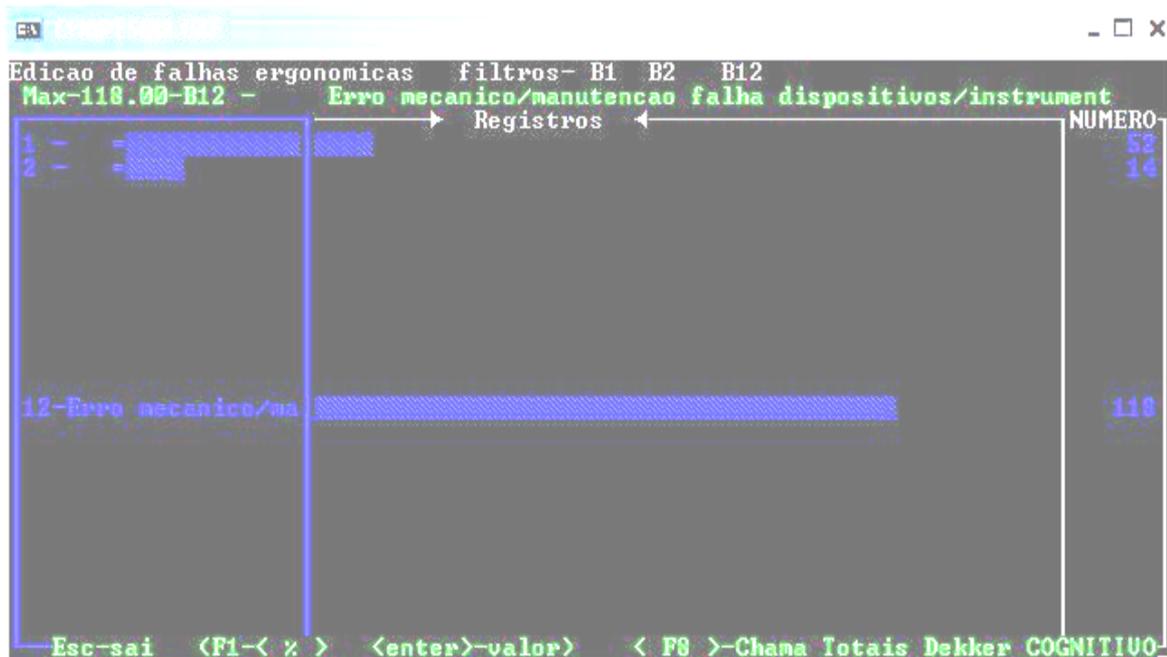


Figura 47 – Edição de Falhas Ergonômicas filtradas – Fonte: Aviation Database



Figura 48 – Erros Cognitivos segundo Dekker filtrados – Fonte: Aviation Database

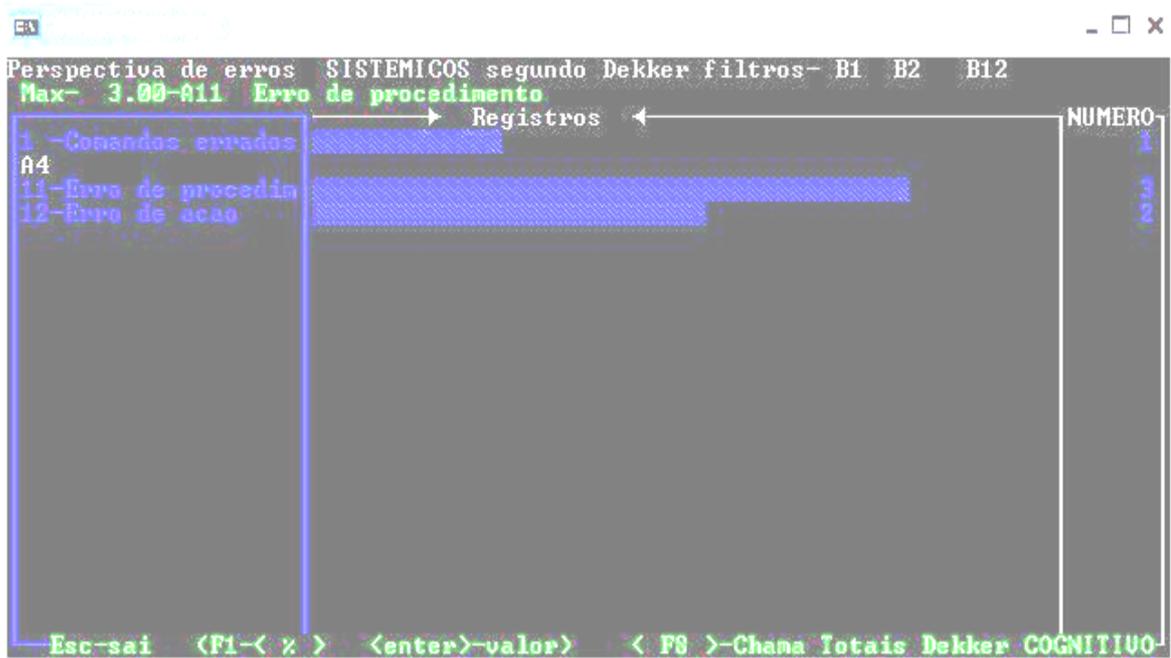


Figura 49 – Erros Sistêmicos segundo Dekker – Fonte: Aviation Database

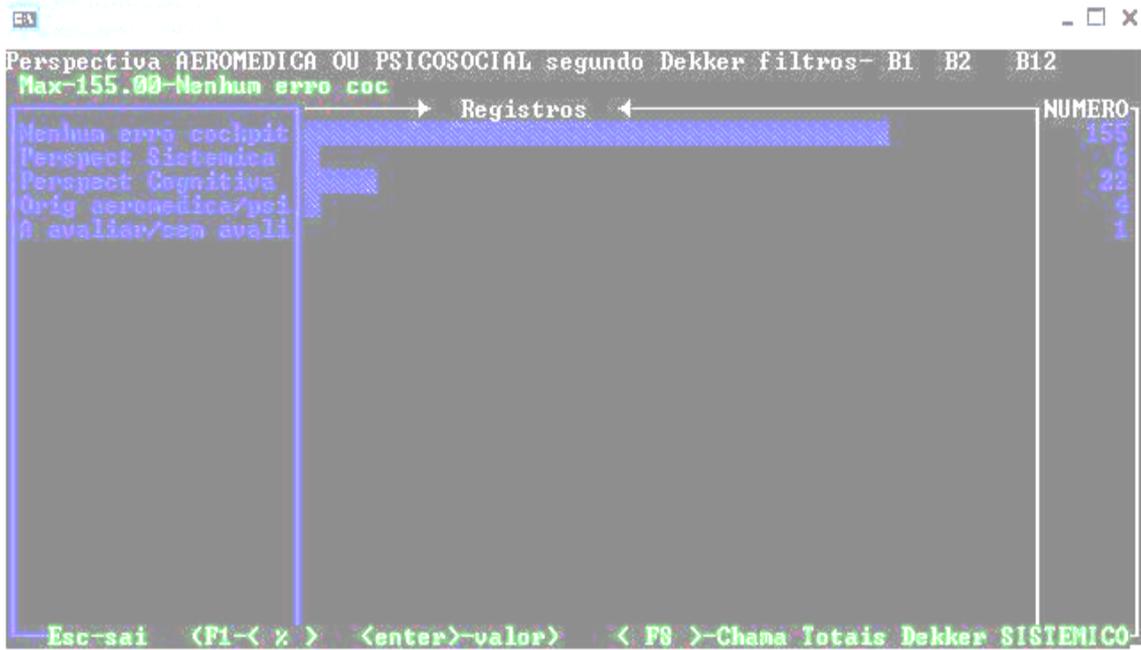


Figura 50 – Perspectiva Aeromedica ou Psicossocial – Fonte: Aviation Database

Durante nossas avaliações e correlacionamento de indícios, vale destacar os fatores B10 (Problemas de Capacitação), B11 (Treinamento inapropriado / Treinamento ineficiente) que correlacionado com o fator B12 (Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos) nos trás informações substanciais para nosso trabalho de acordo com a figura 51, que demonstra como a falta de capacitação adequada pode trazer consequências desastrosas para a aviação.

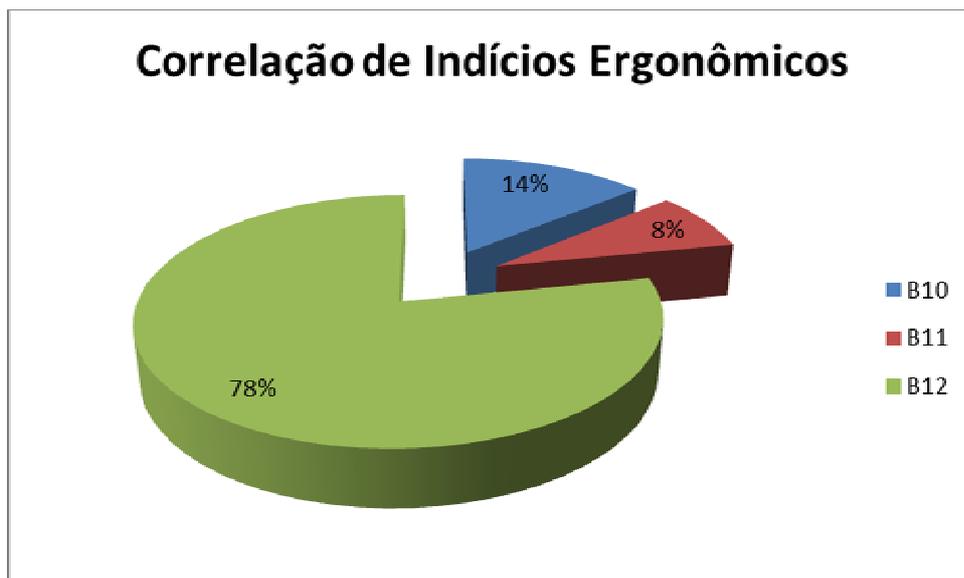


Figura 51 – Correlação de Indícios de Causas Ergonômicas – Fonte: Aviation Database

Analisando ainda a figura 52, vimos as combinações B1 (Problema estrutural (materiais)) e B12 (Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos) se destacam com 31 ocorrências, onde os problemas estruturais relacionados aos mais diversos componentes da aeronave como motor, estrutura, trem de pouso, entre outras quando relacionadas, podem ser fatores diretamente causais dos acidentes aéreos. Estas falhas em conjunto, quando os problemas estruturais se apresentam e a manutenção é incapaz de detectá-la em função da não execução dos procedimentos de acordo com os manuais dos fabricantes, podem ter consequências catastróficas. O caso que podemos citar como exemplo ocorreu com uma aeronave Boeing 747 da Japan Airlines, que esta cadastrada no nosso banco de dados com o Registro 101, JAL JA8119 747-SR46, que durante um pouso bateu a parte traseira no solo e rompeu a fuselagem. Todos os reparos foram feitos de acordo com o fabricante, porém depois de 7 anos, quando esta aeronave estava na fase F4 do voo (Cruzeiro), houve uma explosão da fuselagem, que causou danos à navegabilidade da aeronave. Durante 30 minutos o piloto tentou controlar a aeronave somente com o motor o mesmo caiu numa área montanhosa ceifando a vida de 520 ocupantes da aeronave.

Quando observamos na figura 52, podemos avaliar que a subcomponente B12 (Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos), aparece como causa única de erro de origem ergonômica 29 vezes, onde nesses registros numa avaliação detalhada vimos que a manutenção comentou erros que só por eles comprometeram a integridade da aeronave, e conseqüentemente causou de forma isolada um erro ergonômico.

PARTE IV – DISCUSSÃO, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO

5. DISCUSSÃO, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO

5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Esta parte do trabalho descorre como, onde e quando as falhas ergonômicas detectadas como resultado das análises dos registros extraídos dos relatórios divulgados pelas mais conceituadas entidades oficiais de investigação e prevenção de acidentes na aviação e que podem ter sido causalidades totais, efetivas ou contributivas de acidentes e incidentes aéreos originados por fatores correlacionados à área de manutenção e também discutimos alternativas que podem reduzir este fator contributivo.

5.1.1 O erro humano na aviação

Trataremos neste sub-capítulo do vetor erro humano atuando na área de aviação fundamentado nas análises estatísticas extraídas da nossa pesquisa e estudo, que levam conclusões que este fator sistêmico produz acidentes, desde os mais desastrosos até aqueles que são considerados como incidentes. Analisamos principalmente os erros que aconteceram de forma isolada e naqueles cujas combinações levaram a ocorrência dos acidentes. Muitas destas combinações ocorreram significativamente e encadeado com outras causalidades isoladas. Estes estudos nos faz visualizar, desde falta de planejamento na execução da tarefa, aos problemas administrativos que acabam repercutindo em consequências não programadas, que tem suas origens por exemplo, na falta de capacitação intempestiva e pontual dos mecânicos que estão atuando neste importante pilar da segurança de aeronaves.

5.1.1. (i) Análise das condicionantes que conduzem a erros e acidentes aéreos.

Podemos avaliar os fatores que conduzem a erros quando estudamos a concepção dos projetos de algumas aeronaves no que tange ao acesso para os mecânicos executarem suas tarefas e checarem se estas estão de acordo com o previsto e planejado. Podemos exemplificar o caso do acidente ocorrido no avião da British Airways de prefixo BAC-111, que em 1990, após a troca do para-brisa

feito pelo gerente de manutenção pela falta de pessoal, ocasionou um acidente devido a janela ter se soltado quando a aeronave esta na Fase 4 de voo (Cruzeiro). Segundo o relatório do FAA sobre o acidente, vários erros foram identificados durante a execução da tarefa, desde a falta de prática do gerente, o uso incorreto de ferramentas, uso de parafusos menores que o previsto e outro fator foi que o gerente de manutenção não tinha como visualizar devido a posição da janela se ela estava no lugar correto. Ainda foi possível constatar que os testes de pressurização para averiguar se a janela iria resistir à pressão não constava nos manuais de forma clara.

Embora as aeronaves modernas tenham sido automatizadas para voar com poucas atuações dos pilotos, no caso da manutenção foram mudadas algumas formas de trabalho como o uso intenso de computadores e sensores, mas alguns itens continuam com suas bases tecnológicas quase intactas. Como exemplo podemos citar as portas, janelas, estrutura do corpo do avião, sistemas de freios entre outros. Os mecânicos precisam cada vez mais ter maior interação cognitiva com os equipamentos de forma a evitar os erros. Pudemos identificar que boa parte dos erros cognitivos da interação do ser humano com a máquina estão associados às falhas de procedimentos dos manuais, desde a concepção dos projetos.

As mudanças tecnológicas que estão ocorrendo em busca de materiais mais resistentes, mais leves e por sua vez com maior dificuldade de identificação de fissuras que possam se transformar em um problema futuro, como é o caso das novas ligas de alumínio. Antes o mecânico conseguia fazer uma inspeção visual numa aeronave e seguindo os procedimentos, este era capaz de identificar problemas a olho nu ou mesmo seguindo as instruções dos manuais numa checagem. Atualmente se faz necessário que o mecânico cada vez se especialize mais para atender as novas necessidades do avanço tecnológico.

As normas da aviação sempre exigiram que no mínimo três mecânicos atendessem uma aeronave durante o tempo de transito. Estamos vendo a cada dia aumentar a quantidade de aeronaves nos pátios e nos aeroportos, no entanto muitas vezes podemos ver um mecânico fazendo uma inspeção visual de forma rápida e sem o checklist nas mãos, que é obrigatório segundo as normas. Da mesma forma que um piloto durante os procedimentos de pouso, decolagem, partida de motores e outras tarefas tem que seguir um checklist, o mecânico também tem que seguir procedimentos. A falta de pessoal nos turnos e mesmo com quantidade reduzida, levam os mecânicos a terem que fazer seus trabalhos de rotina fora dos procedimentos.

5.1.1. (ii) Problemas ligados à estrutura e materiais.

Diante dos registros e estatísticas que pudemos levantar que os indícios encontrados por problemas ergonômicos são relativamente altos nos acidentes aéreos. Foram encontrados problemas referentes à componentes da estrutura principal do avião, que em vários relatórios foi comprovado que estas estruturas, devido milhares de pressurizações e despressurizações acabaram gerando fraturas que normalmente são imperceptíveis a olho nu. Estas fraturas que são mais estressadas e evidenciam seus problemas durante a Fase 4 do voo (Cruzeiro), quando a cabine esta pressurizada, por vezes causou tragédias que ceifaram as vidas de todas as pessoas a bordo.

Outro ponto que emergiu de forma destacada foi referente ao trem de pouso das aeronaves de pequeno e médio porte, sendo que em raros casos o problema se apresentou na Fase 1 do voo (Taxi). Os relatórios informaram que 90% dos problemas ocorreram nas Fases 2 (Decolagem) e 7 (Pouso), onde estes sistemas são mais exigidos. Os órgãos de investigação detectaram problemas desde qualidade das peças de reposição até mesmo desgaste e corrosão da estrutura sem que a manutenção tivesse observado. Comprovou-se que os prazos de inspeção e mesmo a falha nestas vistorias foram as principais causas detectadas.

5.1.1. (iii) Incidências de erros em relação ao Porte das aeronaves.

De acordo com a nossa amostra, quando retiramos os relatórios para avaliar a incidência de erros referentes ao porte das aeronaves, foram observados que os problemas se apresentaram com maior frequência nas de Pequeno e Médio Porte, sendo que alguns foram mais frequentes foram os erros na montagem dos sistemas do Elevador (controle de *pitch up e down (op. cit)*), principalmente na inversão dos cabos. A figura 53 mostra todos as partes móveis que controlam a aeronave, no caso os *Elevators*, que controla o *pitch up e pitch down (op. cit)*, o *Aileron* responsável pela ajuda para aeronave fazer curvas, o *Ruddler* (leme) que controla a direção do avião, além dos *Flaps* que auxiliam na sustentação da aeronave em baixas velocidades.

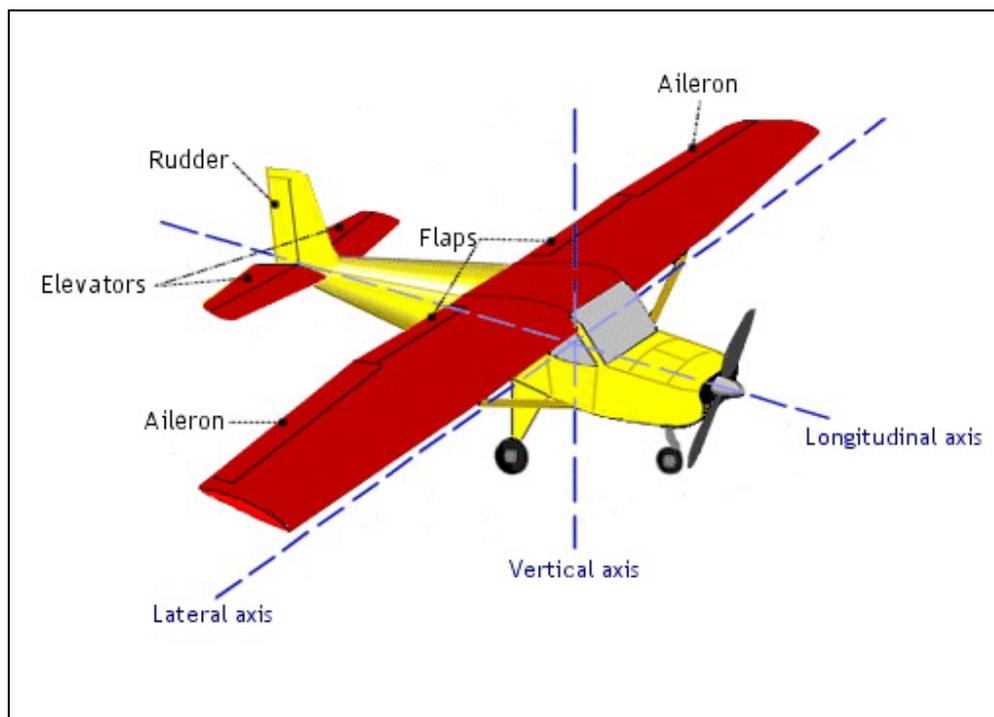


Figura 53 – As 4 partes móveis de controle da aeronave – Fonte: Martins, (2006)

Tais erros normalmente só foram notados na Fase 2 do voo (Decolagem) da aeronave e quando acionados os comandos a aeronave adotava a posição de *pitch down*, sendo que o certo seria de *pitch up*. Em alguns casos, estes erros acabavam sendo imputados como falha também da tripulação, visto que deveriam ter feito o check antes da decolagem.

Um exemplo deste tipo de erro foi relatado na página 196 da nossa monografia, quando um avião da Air Midwest, Beech 1900D voo 5481, na data de 8 de janeiro de 2003 caiu logo após decolar de Charlotte, Carolina do Norte, matando os dois tripulantes e 19 passageiros, todos a bordo. O National Transport Safety Board (NTSB-2004) determinou que após a decolagem, os pilotos tinham sido incapazes de controlar a altura da aeronave e havia duas razões para isso. Primeiramente, a aeronave estava sobrecarregada e tinha um centro de gravidade que a parte de trás da aeronave ultrapassou os limites para suportar a decolagem. O relatório informa que na noite de 6 para 7 de janeiro de 2003, a aeronave havia passado por uma verificação de manutenção programada, que consistia em verificar a tensão dos cabos de controle do elevador. O engenheiro responsável foi executar essa tarefa pela primeira vez, e foi receber treinamento no local de trabalho a partir de um inspetor de qualidade. Houve a constatação de que a tensão do cabo era menor que o necessário, sendo que os ajustes foram feitos, porém não foi feita a checagem para ver se o elevador estava conseguindo ir ao seu limite com carga máxima, que foi o caso da situação da aeronave antes da partida.

5.1.1. (iv) A influência dos problemas administrativos na causalidade dos erros.

Foram constatados nos relatórios que a pressão da administração para manter as aeronaves operacionais e o tempo para que estas aeronaves fossem liberadas contribuíram de forma substancial para que erros ocorressem e causassem acidentes. Outro fator que foi detectado foi o suporte à logística, onde podemos citar principalmente a organização do sistema de estocagem de materiais, que por falta de controle gerou falhas na reposição de peças ou até mesmo de lubrificantes utilizados nos motores, cujo relato está detalhado na página 66 da nossa dissertação. O mecânico foi fazer a troca de óleo do motor de uma aeronave 727-200 e recebeu a informação do local onde estava armazenado o óleo do motor. Após efetuar a troca, o mesmo engenheiro informou que ele havia colocado o óleo errado. A falta de organização poderia ser causa da perda do motor em voo, e como a troca foi efetuada nos três motores, a aeronave poderia ter como consequência a queda da aeronave devido ao colapso dos motores.

A pressão sobre a manutenção chega ao ponto do mecânico muitas vezes executar suas tarefas sob condições inadequadas. O exemplo que podemos citar está na página 69 da nossa monografia, onde há um relato de um mecânico que durante a execução de sua tarefa recebeu óleo hidráulico Skydrol 500 nos olhos e ficou sem enxergar por aproximadamente 30 minutos. Ele tentou continuar trabalhando, porque o tempo era curto e ele precisava terminar o trabalho mais rápido possível. A válvula antiga foi reinstalada de volta no avião e foi feito um teste onde não foi constatada nenhuma falha. Ele tinha sido notificado pela pessoal de controle de manutenção que a válvula de corte hidráulico removido de um Fokker 100 era o mesmo número de série na etiqueta de peças novas. O pessoal de controle de manutenção disse que o avião tinha falhado novamente devido a problemas no flap, que tinha um longo histórico de relatos. Ele retirou a válvula da aeronave e no início da execução da tarefa, quando ocorreu o problema do óleo nos seus olhos.

Nossa amostragem dos acidentes cadastrados no Aviation Database mostrou 15 ocorrências relacionadas a Causalidade - C18 (Problemas corporativos-normas não apropriadas), o que equivale a 12% das ocorrências registradas. Alguns registros da nossa pesquisa como o de número 4 e 94 apontam para problemas financeiros das empresas que influenciaram no modo da manutenção atuar sendo um fator contributivo para ocorrência dos acidentes. Ainda podemos citar o Registro 58, onde o Antonov se desintegrou no ar durante a Fase 4 do voo (Cruzeiro) devido a falta de uma política correta de manutenção da organização.

A falta de uma política correta de manutenção em uma empresa pode levar a consequências catastróficas como foi o caso do Douglas DC-6, que devido a ter seus motores dois e três reparados por um engenheiro sem capacitação. Durante a Fase 4 do voo (Cruzeiro) a aeronave perdeu o motor três e logo em seguida o número dois. Como o DC-6 estava com carga máxima, os outros não foram capazes de suportar a aeronave no ar que veio a cair. Nas aeronaves de Pequeno e Médio Porte foram percebidos que aproximadamente 40% dos relatórios apresentaram problemas relacionados a trem de pouso, 18% referente aos motores e 15% relativos à montagem dos elevadores que controlam o pitch up e pitch down das aeronaves, onde o fator principal foi a inversão dos comandos que acabam fazendo a aeronave cair logo após a decolagem. Já nas aeronaves de Grande Porte foi notado que a em 25% dos problemas teve sua origem nos motores e pelo menos 12% referentes a falhas de projetos e das estruturas.

5.1.1. (v) Análise das ocorrências nas fases dos voos.

Nossa amostra referentes às fases do voo deixou evidente que os maiores problemas ocorreram durante a Fase 4 do voo (Cruzeiro) e este índice mostrou que pelo menos 70% ocorreram em aeronaves de grande porte, visto que estes problemas estavam quase sempre relacionados a motores e a estrutura da aeronave, como os exemplos citados anteriormente. Mas se somarmos as ocorrências das Fases 2 (Decolagem) e Fase 7 do voo (Pouso) temos um percentual considerável, pois nestas fases as partes mecânicas da aeronave estão sob maior pressão. Embora se imagine que uma aeronave sofre mais esforço mecânico no pouso, este esforço é muito maior na decolagem, pois durante a decolagem os tanques de combustíveis estão cheios e fazem uma carga maior sobre o trem de pouso da aeronave. Sempre temos que levar em consideração que numa fase de pouso, este está sendo feito por um profissional que irá fazer uma aterrissagem suave sem forçar o trem de pouso.

5.1.1. (vi) Análise da necessidade de capacitação/treinamento dos mecânicos.

Devido à automação das aeronaves com a evolução natural dos materiais e principalmente dos avanços tecnológicos, a necessidade de capacitação dos profissionais que trabalham na aviação aumenta a cada dia. Nossa amostra constatou que em vários acidentes a falta de capacitação e treinamento ficou evidente em vários registros. Alguns chegaram a causar acidentes que além das perdas humanas e do equipamento, a imagem da empresa ficou totalmente

comprometida. Encontramos pelo menos 4% do total da nossa amostra indícios ergonômicos do fator B11 – Treinamento inadequado / Treinamento deficiente que foram fatores contribuintes causais para os acidentes.

No Registro 16 a falta de capacitação do mecânico quando da instalação do ILS (*Instrument Landing System*), foi o fator causal principal para ocorrência do acidente, devido ao erro de informação que foi passada para o piloto. Como já citado anteriormente, outros fatores na maioria dos casos estão presentes na ocorrência de um acidente aéreo, onde neste caso se tratava de um voo noturno, o que dificultou a atuação do piloto. Nos Registros 62 e 91, vimos que o erro da manutenção na manutenção e instalação de partes da aeronave que controlam o voo, no caso o *aileron*¹⁶ e o *elevator*¹⁷, mostrados na figura 54 . Já nos Registros 106 e 107 vimos que a falta de capacitação dos mecânicos que deram manutenção no trem de pouso das aeronaves fizeram montagens erradas dos componentes, cujo o problema apareceu durante a Fase 7 do voo (pouso), causando vários danos nas aeronaves conforme descrito nos relatórios oficiais.

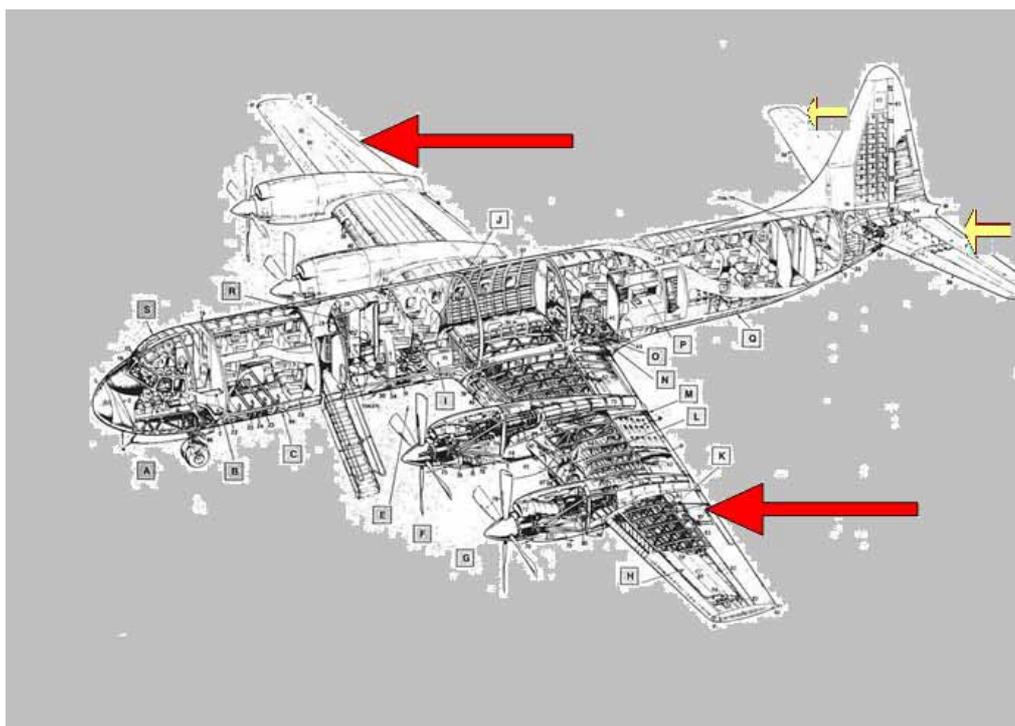


Figura 54 – Os ailerons (seta vermelha) e os elevators (seta amarela) de uma aeronave –
Fonte: Martins, (2005)

¹⁶ *Aileron* - são partes móveis dos bordos de fuga das asas dos aviões que servem para controlar o movimento de rolamento da aeronave.

¹⁷ *Elevator* - são partes móveis da parte traseira da aeronave responsável pelo eixo longitudinal do avião, que mantém o avião em posição normal, *pitch up* (nariz para cima) ou *pitch down* (nariz para baixo).

5.2 RECOMENDAÇÕES

Apresentaremos nesta fase algumas recomendações que poderão ser usadas pelos órgãos encarregados de prevenção e investigação de acidentes aéreos, por empresas aéreas, principalmente as áreas de manutenção além dos administradores dos aeroportos.

Nossas recomendações estão focadas em alguns pontos que ficaram evidentes como pontos falhos e sujeitos a serem os mais contributivos para a ocorrência dos acidentes aéreos:

- 1 - Treinamento e capacitação;
- 2 - Avaliação estrutural das aeronaves;
- 3 - Avaliação dos atuais procedimentos de vistoria;
- 4 - Fiscalização das áreas de Manutenção;
- 5 - Classificação de erros dos órgãos responsáveis por investigação e prevenção de acidentes aéreos – Quebrando paradigmas;
- 6 - Mudanças na formação de projetista de aeronaves e responsáveis por de investigação de acidentes;
- 7 - Criação e desenvolvimento de software de Gestão de Recursos de Manutenção (MRM – Maintenance Resource Management).

5.2.1 Treinamento, difusão de informações e capacitação

Embora os órgãos dos países que foram pesquisados já tenham sistemas de avaliação e credenciamento de mecânicos de voo, o que concluímos através da nossa pesquisa, é que mesmo tendo registros de acidentes datados a partir de 1943, vimos que a incidência de falhas de capacitação e mesmo de atuação de profissionais sem treinamento é relativamente evidente. Seguem abaixo as recomendações referentes a este quesito:

- a) Montagem de comitês para criação de fóruns e encontros para discussão dos problemas de manutenção e políticas de disseminação de problemas na área;

- b) Criar rotinas de registros de incidências e comunicação de fatos repetitivos;
- c) Dar soluções a problemas técnicos e organizacionais na área da manutenção;
- d) Alertar os responsáveis pelas áreas de manutenção sobre os desvios quanto aos procedimentos e determinações contidas nos manuais técnicos de manutenção;
- e) Transmitir recomendações, determinações e orientações para os problemas específicos do dia a dia dos mecânicos de manutenção;

5.2.2 Avaliação estrutural das aeronaves

Vimos na nossa pesquisa que vários acidentes tiveram origem nas falhas estruturas das aeronaves, sejam no corpo da cabine, nos trem de pouso e nos suporte dos motores, que em alguns casos se desprenderam das asas causando a queda da aeronave. Quando levamos em consideração que no caso do trem de pouso, vimos que as ocorrências estão concentradas na Fase 1 (Taxi), Fase 2 (Decolagem) e Fase 7 (Pouso), uma vez que somente nesta hora este sistema é utilizado, e como citado anteriormente, a maior incidência esta nas Fase 2 e 7. Já os problemas referentes às estruturas que suportam os motores e a parte da fuselagem, estão tem suas principais ocorrências na Fase 4, visto que nessa hora estão estruturas estão sendo mais exigidas, sejam os motores devido a força de empuxo que eles exercem ou no corpo da aeronave, que nesta Fase do Voo esta com sua pressurização máxima. As seguintes recomendações serão sugeridas para as áreas de projeto:

- a) Criação de mecanismos práticos para que fosse possível avaliar a integridade das estruturas das aeronaves sem a necessidade de raios “x” ou outros equipamentos para checagem da fuselagem. Sistemas que tivessem pontos para checagem visual em pontos estratégicos da estrutura da aeronave para serem feitos em inspeções rotineiras;
- b) Sistema de avaliação do trem de pouso que não permitisse a montagem invertida ou errada dos componentes;

5.2.3 Avaliação dos atuais procedimentos de vistoria

De acordo com os dados analisados na nossa pesquisa, baseada nas amostras retiradas dos órgãos encarregados de prevenção e investigação de

acidentes aéreos, grande parte das descrições nestes relatórios apontaram para as falhas nas vistorias de rotina das aeronaves ou mesmo nas checagens mais detalhadas. Alguns pontos serão recomendados:

- a) Elaboração de palestras de conscientização da importância das vistorias efetuadas de acordo com as recomendações dos fabricantes;
- b) Avaliação permanente da metodologia de vistoria para melhor adaptação desta tarefa no tange o tempo e a qualidade da inspeção;

5.2.4 Fiscalização das áreas de Manutenção

Além da nossa pesquisa ter apontado as falhas da manutenção, os acidentes que ocorreram recentemente e foram amplamente divulgados na mídia, mostraram que embora existam procedimentos previstos de fiscalização na aviação de uma forma geral, vimos que estas fiscalizações deixam a desejar no que tange a garantir que as normas e procedimentos estejam sendo seguidos. Seguem abaixo as recomendações de fiscalização:

- a) Montar um comitê de fiscalização das oficinas de manutenção para averiguação dos livros de registros de ocorrências, condições de trabalho e avaliação dos sistemas de controle de substituição;
- b) Montagem de sistema de pontuação e divulgação pública e transparente das empresas fiscalizadas de forma a transmitir para a comunidade a segurança de que a empresa cumpre as normas;
- c) Políticas e normas de fiscalização dirigidas às áreas de manutenção, baseadas nas ocorrências e falhas difundidas nos relatórios de análise de acidentes;
- d) Programas de suporte para avaliação de procedimento de trocas de turno para evitar erros de informação e conseqüentemente criar fatores para ocorrência de acidentes;

5.2.5 A classificação de erros dos órgãos responsáveis por investigação e prevenção de acidentes aéreos – Quebrando paradigmas

Quando nossa pesquisa avaliou os parâmetros utilizados por Martins *op.cit*, vimos que além dos fatores de avaliação utilizados pelos órgãos encarregados de prevenção e investigação de acidentes aéreos como o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) do Brasil e da FAA (Federal Aviation Administration) dos Estados Unidos da América, Martins *op.cit* sugeriu uma ampliação nas classificações de erros, visto que alguns pontos por ele levantados não se encaixam nas classificações atuais no apontamento da “culpa” do piloto nas ocorrências. Abaixo seguem os argumentos utilizados por Martins *op.cit* para justificar sua sugestão:

- a) Eventos onde os pilotos ficam impedidos de agir como fumaça no cockpit, ou falha estrutural;
- b) Informações erradas sobre cartas de aeroporto que fazem os pilotos errarem na navegação e às vezes se chocarem com elevações ou florestas perto do aeroporto destino;
- c) Aviões que entram no espaço aéreo de nações hostis e são abatidos por caças.

A sugestão nos remete a avaliar que, se a culpabilidade correta é imputada ao piloto ou o responsável pela ação, maiores serão as chances que as avaliações de futuros acidentes aeronáuticos sejam mais precisos e eficazes, e as recomendações geradas a partir deste evento sirvam para prevenção de novos acidentes com as mesmas circunstâncias.

Embora nossa pesquisa tenha sido focada nas responsabilidades dos mecânicos nas causalidades de acidentes aéreos, achamos de imensa relevância citar as recomendações citadas acima referentes aos pilotos e às recomendações de reavaliação das formas de investigação dos acidentes e incidentes aéreos.

5.2.6 Mudanças na formação de projetista de aeronaves e responsáveis por de investigação de acidentes

O fato dos projetos de aviação referentes à área de manutenção ainda não considerarem todos os fatores humanos quando do processo de criação destes artefatos, continua gerando fatores que podem ser contribuintes para ocorrência de acidentes aéreos. Serão necessários estudos com foco na área de Ergonomia e o envolvimento de Designers e profissionais com conhecimento desta área para

que a usabilidade dos sistemas aeronáuticos no que tange a área de manutenção seja melhorada.

Segundo Martins *op.cit*, já existe uma sugestão do FAA (Federal Aviation Administration), desde 1996 que no grupo de projetistas multidisciplinar que seja integrado também por um ergonomista que possa vir a valorizar os projetos em aviação para clientes e usuários finais. Abaixo segue a relação de profissionais sugerida pelo FAA:

- Ergonomista,
- Projetista de interfaces com usuários,
- Piloto de teste,
- Engenheiro de sistemas,
- Especialista em *avionics* (eletrônica de comunicação de bordo),
- Especialista em treinamento,
- Especialista em certificação,
- Especialista em segurança,
- Controlador de tráfego aéreo.

Porém notamos que lista sugerida não consta nenhum Engenheiro de Manutenção, que seria um profissional de suma importância principalmente considerando que ele está diretamente envolvido na operacionalização da aeronave. Ele poderá contribuir de forma direta com sugestões práticas das dificuldades encontradas pelos mecânicos no dia a dia na execução das suas tarefas.

5.2.7 Criação e desenvolvimento de um sistema de Gestão de Recursos de Manutenção (MRM – Maintenance Resource Management)

Desde de 1997 existe na Inglaterra um sistema que foi desenvolvido para avaliação de “quase incidentes” relatados por pilotos. O sistema de administração de Torres de Controle para controle de tráfego aéreo da Inglaterra realizou um estudo dos quase incidentes e acidentes do passado, avaliou-os e tomou medidas para evitar estes erros do passado e criou uma sistemática de capacitação chamada TRACER (SHORROCK, 2000). Este sistema foi baseado em segurança de voo cuja base de dados é fornecida por pilotos em conjunto com o controladores de voo.

Levando em consideração que na área de manutenção os erros ocorrem, mas o erro é tratado na nossa sociedade de forma punitiva na maioria das instancias. Nossa sugestão seria a criação de um sistema que pudesse receber informações de “quase incidentes” ou “quase erros” se assim podemos definir, para alimentar a base de dados desta ferramenta. A sugestão de nome para este sistema seria de Gestão de Recursos de Manutenção (GRM) ou Maintenance Resource Management (MRM). Poderão ser criadas formas dos profissionais da área de manutenção alimentar este sistema, não com a idéia de punição, mas com o intuito de buscar no passado problemas que irá provocar medidas para que as mesmas não aconteçam no futuro. Estas medidas teriam sempre um viés ergonômico para pesquisar, analisar e sugerir medidas para melhorar a relação do ser humano com a máquina.

O resultado deste sistema seria a constante evolução dos profissionais da área de manutenção, para recapacitar, descobrir novas e melhores formas de executar sua tarefa e sempre com o foco voltado para a manutenção.

5.3 CONCLUSÕES DA PESQUISA

Nosso trabalho teve por base a análise de relatórios oficiais divulgados pelos órgãos encarregados de prevenção e investigação de acidentes aéreos em todo o mundo, onde prospectamos as influências dos erros de manutenção. A ênfase principal foi determinada pelos aspectos ergonômicos considerados contribuintes para a ocorrência destes acidentes. Enfatizamos a culpabilidade da área de manutenção devida a falhas, muitas vezes ocorridas não por negligência do trabalhador, mas por fatores externos a sua vontade. Fatores esses que foram identificados com a colaboração do Software Aviation Database, que nos permitiu avaliar e correlacionar fatores que demonstraram as falhas como elementos contributivos para ocorrência de acidentes aéreos.

De acordo com todos os dados que levantamos na nossa pesquisa, conseguimos estabelecer uma visível ênfase sobre as causas, fatores contributivos e principalmente organizacionais para ocorrência de acidentes aéreos relacionados à área de manutenção.

Durante a avaliação das amostras, foram selecionados os relatórios dos órgãos internacionais de investigação de acidentes aéreos que denotam os problemas organizacionais como forma significativa. A maneira como foram tratadas as classificações dos acidentes e avaliação dos seus fatores contributivos, provocaram a análise destes acidentes por ângulos diferentes e nos alertou para outros fatores até então pouco discutidos, mas que já tem alguns estudos iniciados, como a Ergonomia Organizacional (MARTINS, 2010).

Tivemos a oportunidade de provocar a ampliação dos horizontes das futuras investigações dos acidentes aéreos, cuja falta de capacitação, informação e a influência organizacional nos mais variados aspectos de controle e suporte para os mecânicos contribuem para as causalidades dos acidentes aéreos. Vimos que os fatores relacionados aos componentes ligados à estrutura da aeronave foram destacados nas nossas análises. As falhas estruturais tiveram suas origens muitas vezes na concepção dos projetos e foram agravados durante a vida útil dos artefatos, por erros nos procedimentos de vistoria ou falhas na área de manutenção para avaliar e perceber que ali estava um fator contributivo para um provável acidente aéreo.

5.3.1 A culpabilidade dos mecânicos de aeronaves

Nossa amostra permitiu análises que demonstram que podem ser imputadas à área de manutenção significativa parte das origens das causalidades dos acidentes aéreos. Mas existem fatores que nem sempre são destacados como erros, como os procedimentos informados nos manuais dos fabricantes, falta de ferramental apropriado, falta de componentes para substituição ou erro nos projetos que também devem ser considerados como fatores contribuintes.

Pudemos comprovar em relatórios, fotos e em procedimentos que muitas vezes os fatores acesso aos componentes e visibilidade da área que o mecânico esta executando sua tarefa é muito dificultada devido ao projeto quando da sua concepção. Em um dos relatórios houve descrição pelos órgãos de investigações de acidentes aéreos, onde foi constatado que o mecânico teve que checar se uma janela que ele executou sua substituição estava no local através do tato.

Quando tivemos a oportunidade de correlacionar fatores estruturais, fatores organizacionais nas nossas pesquisas e analisar detalhadamente os resultados, vimos que até à ocorrência do acidente, as barreiras de segurança citadas por Reason (2000), foram sendo quebradas sequencialmente e a causalidade recai na maioria das vezes sobre o erro humano. Nossa amostra quando filtrada, mostrou que nas ocorrências relacionadas à manutenção, em 81% dos casos os pilotos não puderam fazer nada para corrigir a situação, pela impossibilidade de tomar qualquer ação.

Os avanços tecnológicos forçam este profissional a se especializar e reciclar seus conhecimentos constantemente, mas nem sempre as organizações priorizam esta necessidade eminente, dados como falta de capacitação foram destaques em 22% das ocorrências de acidentes da nossa amostra. Nestes dados podemos concluir que o fator cognitivo atua diretamente quando o mecânico esta executando sua tarefa, pois a falta de treinamento, capacitação e reciclagem nos equipamentos por ele manuseados são fatores contributivos e muitas vezes causadores diretos dos acidentes aéreos.

Cada vez que uma aeronave está em solo seja no seu modo operacional normal ou devido a problemas meteorológicos que o impedem de voar, o fator tempo estará sempre presente como forma de pressão. Esta pressão é originada nas próprias organizações, nos órgãos responsáveis pela fiscalização, e principalmente nos usuários finais. Quando se trata de uma aeronave que esta em manutenção devido a um problema técnico, esta cobrança aumenta substancialmente, causando uma pressão psicológica no profissional que esta executando a tarefa que, se não acompanhada devidamente, torna-se um fator contributivo potencial para um erro e conseqüentemente um acidente aéreo. Neste ponto a Ergonomia pode colaborar de forma eficiente para melhorar a atuação deste profissional, visto que as empresas e mesmo os órgãos de

prevenção de acidentes aéreos não levam este fator em consideração durante suas análises. Quando as análises são feitas nos acidentes ocorridos, se racionaliza imediatamente a culpabilidade dos mecânicos e demais componentes humanos que estão envolvidos, conseqüentemente limitando ao erro humano a causa principal pelo ocorrido.

5.3.2 Os projetos e as estruturas físicas das aeronaves.

Todas as literaturas que revisamos e trabalhamos citam plenamente os aspectos que consideramos essenciais quando estudamos um profissional ligado à área de manutenção. Vimos como os aspectos organizacionais e cognitivos são importantes nestes estudos, principalmente pela forte relação existente entre o mecânico e o ambiente ao qual ele está inserido na execução de sua tarefa. Notamos que em alguns projetos não se verifica preocupação ou falta de prioridade com os aspectos fisiológicos do profissional de manutenção para executar sua tarefa dentro das limitações humanas e ergonômicas. Esta falta de prioridade conduz a situações de desconforto durante a execução da área de manutenção, que pode se constituir num fator de risco para segurança da aeronave e todos que estão dependentes desta máquina.

Muitos dos problemas ocorridos durante a fase de projeto da aeronave só se revelam durante a homologação feita pelos responsáveis dos órgãos governamentais seguindo as normas internacionais. Quando ocorrem estas homologações, na maioria das vezes estes problemas, neste momento não podem ser corrigidos, pois podem comprometer a estrutura da aeronave, toda concepção do projeto e ainda podem gerar custos que inviabilizam os projetos. Mais uma vez os interesses econômicos e organizacionais são colocados em primeiro plano, deixando de lado os fatores ergonômicos e criando ali um fator de comprometimento da segurança de voo e futuros acidentes aeronáuticos de proporções muitas vezes catastróficas.

O desenvolvimento de métodos que possam regular os projetos de aeronaves durante o processo de desenvolvimento do projeto poderão gerar homologações preliminares. Estas homologações permitirão aos responsáveis pela fiscalização levantar pontos que podem mostrar problemas potenciais e antecipadamente corrigir as anormalidades, principalmente ergonômicas antes da construção das aeronaves. As ferramentas digitais utilizadas para projetar equipamentos com alto grau de complexidade permitem a simulação da maior parte dos aspectos físicos e cognitivos de uma aeronave. Estes aspectos podem ser muito importantes na hora da certificação prévia do projeto, que irá tornar as aeronaves menos restritivas às capacidades humanas, em todos os sentidos, incluindo as

capacidades dos mecânicos de aeronaves, além de melhorar cada vez mais a segurança de voo.

Sabemos que hoje existem equipamentos que permitem simular as mais diversas situações de voo, desde voos normais até emergências nos mais diversos tipos de aeronaves. Assim mesmo estes simuladores só são construídos após a homologação das aeronaves e sua entrada no mercado. Mais uma vez os interesses comerciais sobrepõem aos fatores humanos, que poderiam avaliar estes artefatos antes mesmo da sua concepção e ter boa parte dos aspectos cognitivos e limitações físico/humanas identificadas e tratadas. Estamos discursando sobre uma parte da aviação que nem todos têm conhecimento, onde os simuladores estão disponíveis em algumas companhias aéreas para treinamento dos pilotos. Mas estamos indo além desta linha de simuladores, nossa sugestão seria que fossem desenvolvidos simuladores para área de manutenção, a fim de gerar avaliações próximas das citadas acima antes das homologações.

Devemos mencionar que, embora o desenvolvimento de novos produtos, materiais e compostos estão em constante evolução para tornar as aeronaves mais leves e mais eficientes. Estas evoluções também dificultam a visualização de problemas estruturais que antes podiam ser notadas diretamente pelo mecânico. Hoje a depender do composto do qual o material é construído, são necessários instrumentos de ultrassonografia ou até mesmo de Raio "X" para detecção de falhas estruturais. Embora neste quesito a FAA já tenha recomendado um especialista em Ergonomia para compor a equipe de projetistas, citado anteriormente, não há nesta mesma lista a sugestão de profissionais um Engenheiro de Manutenção ou mesmo um Especialista, visto que são aqueles que atuam diretamente na manutenção que garantem a aviação segura.

5.3.3 Procedimentos de execução de tarefas e vistoria;

Os relatórios sobre investigação de acidentes aéreos causados por erros de manutenção deixam claro que um dos fatores contributivos para a ocorrência de um acidente está nas falhas das inspeções e vistorias em aeronaves. Muitos são os relatos que descrevem a incapacidade da manutenção em detectar problemas estruturais, principalmente em trem de pouso, que normalmente apresenta sinais de corrosão ou mesmo de fraturas na sua estrutura. Alguns procedimentos são seguidos quando uma aeronave esta no solo durante o transito, neste momento não percebemos os mecânicos com uma ficha de inspeção nas mãos para efetuar a vistoria, de acordo com os padrões exigidos pelas normas aeronáuticas. Estes procedimentos embora repetitivos e diários, são de extrema importância para que

nenhum ponto seja deixado de ser avaliado e verificado. Quando entramos na cabine de uma aeronave ou na oportunidade de acompanhar um voo dentro da mesma, podemos ver que os pilotos têm a sua disposição fichas que são criteriosamente seguidas a fim de evitar erros que poderão ser fatais numa situação de decolagem ou pouso. Quando avaliamos uma ficha de procedimento inspeção de uma aeronave, ela determina de acordo com a tarefa a ser executada, o passo a passo dos procedimentos. No caso de uma aeronave da Boeing, 737-200, o procedimento para verificação e óleo de motor indicando que a tampa deve ser aberta e fechada. Parece uma coisa óbvia, mas são vários os relatos de aeronaves que “perderam” o motor¹⁸ em função da tampa mal fechada ou mesmo aberta do motor. O fato de um mecânico esquecer-se de retirar um pino de segurança utilizado para manutenção no trem de pouso, pode acarretar atrasos e prejuízos devido ao tempo que a aeronave ficará em solo para retirada deste pino, caso esse problema tenha sido notado após a saída da aeronave da posição de estacionamento.

Há um abismo entre a postura dos que fazem a redação das publicações técnicas e os que realizam os procedimentos. Alinhando a documentação com a forma como as tarefas são realmente feitas (que seja segura e prática para executar) pode-se descobrir um dos mais úteis fatores de intervenções humanas se feita em nível organizacional. Os manuais muitas vezes trazem procedimentos que dificultam a execução da tarefa e incentivam os mecânicos a procurarem atalhos técnicos para facilitar a execução da sua tarefa. Esses atalhos colocam em risco o resultado final da tarefa, se este ocorrerá conforme programado, visto que uma pessoa pode procurar formas diferentes de fazer uma mesma tarefa colocando em risco a segurança da aeronave. O envolvimento dos engenheiros de manutenção e especialistas nos projetos poderia diminuir razoavelmente esta distância entre o trabalho real e o trabalho prescrito, visto que o resultado pode ser o mesmo, mas a forma como é executado pode colocar em risco não só o resultado, mas ser um fator contributivo para a ocorrência de um acidente aéreo.

¹⁸ “Perder o motor” é a linguagem mais comum para uma parada não programada de funcionamento do moto-propulsor do avião em voo.

5.3.4 Aspectos relacionados à condição de trabalho;

A identificação com precisão a causa de um erro e a correta investigação dos locais de trabalhos, é um passo importante para melhorar e prevenir para que outros acidentes não ocorram novamente, que é esta a função dos órgãos de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos. Existem vários modos de executar tarefas que devem ser observados com muita atenção para que o sistema possa ter maior controle sobre o cotidiano. Podemos citar o fator do tempo, que sempre causa mal estar e pressão sobre o mecânico, visto que este sempre trabalha com limites de tempo determinados pela operação da aeronave. Mesmo sem condições ideais de trabalho, muitas vezes o mecânico se vê pressionado a terminar sua tarefa dentro do tempo limitado. A consequência disso pode estar desde o esquecimento de fechar um compartimento de acesso até deixar de fixar parafuso de uma peça móvel como o *elevator* (*Op.cit.*), que causa a perda da dirigibilidade da aeronave e sua provável queda.

Difícilmente um mecânico executa sua tarefa sozinho na área de manutenção, cabe a organização identificar as melhores formas de se trabalhar em equipe e treinar seus colaboradores. A comunicação entre o grupo, além de saudável para o ambiente de trabalhos nos aspectos do clima organizacional é de significativa importância nas passagens de turno. Quando ocorre qualquer falha nesta comunicação, as consequências desta falha podem ser das mais simples até as mais catastróficas. Para tal a organização deve elaborar procedimentos de forma a garantir uma completa interação das equipes na troca de turno para que ela seja precisa e eficaz, não só anotando nos diários de trabalho, mas como promover reuniões de modo que nada reste sem o entendimento correto. A organização deve adotar normas dentro das áreas de manutenção para passagem de procedimentos. Novos trabalhadores aprendem as normas de trabalho de seus colegas, por contato direto ou treinamento específico que normalmente são positivas, outras ainda pode ter um impacto negativo no desempenho do trabalho, quando essas ocorrem de forma desordenada, gerando resultados indesejáveis e não programados. Como recomendação, sugerimos que a organização deve ter um programa permanente de atualização e capacitação dos mecânicos para garantir que este executará suas tarefas com as menores possibilidades de falhas e por sua vez erros.

5.3.5 Aspectos relacionados à fiscalização;

Nossa pesquisa foi voltada para causalidade de acidentes relacionados às falhas de manutenção, mas pudemos notar que em nenhum momento vimos sugestões que pudessem nos remeter a maior fiscalização por parte dos órgãos responsáveis. Temos conhecimento que no Brasil, o órgão responsável pela fiscalização da aviação civil, a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) se limita a fiscalizar os aeroportos periodicamente. A fiscalização de uma companhia aérea só ocorre a partir da denúncia do usuário ou quando ocorre uma tragédia nos moldes que vimos no Aeroporto de Congonhas em São Paulo com a aeronave da TAM ou ainda no recente acidente que ocorreu com a empresa NOAR em Recife. Agora estão surgindo várias evidências que os processos administrativos referentes aos procedimentos de relatos de problemas de manutenção e a forma como estes eram registrados estavam totalmente fora das normas. Talvez este seja um caso isolado, visto que até então não há nenhuma prova que mostre que essa prática pudesse ser comum. Fica nossa recomendação que os órgãos de fiscalização passem a atuar de forma proativa nas fiscalizações nas áreas de manutenção das companhias aéreas antes da ocorrência de novos acidentes e outras vidas sejam ceifadas. Sugerimos ainda que devem ser criadas comissões de fiscalização especialistas nas áreas de manutenção, uma vez que a ANAC se limita a avaliar condições operacionais dos aeroportos.

5.3.6 Culpabilidade da área de manutenção relacionada aos aspectos organizacionais

De acordo com os relatórios de sobre acidentes aéreos, na maioria das investigações a culpabilidade está sempre ligadas a fatores humanos. Nossa pesquisa conseguiu comprovar com clareza que os fatores em nível organizacional tais como: sistemas de formação e qualificação, a alocação de recursos e os sistemas de valor cultural ou que permeiam a organização influem diretamente como fatores contributivos para erros na área de manutenção. Algumas de nossas amostras relataram desde problemas financeiros impedindo da manutenção ter acesso a peças de reposição, como erros de procedimentos administrativos de facultar a um técnico sem capacitação a responsabilidade de reparar partes de uma aeronave. A pressão do tempo por parte da organização se faz presente a cada momento da operação, pois além de significar perdas financeiras pela inatividade da aeronave, em alguns casos podem gerar multas e custos adicionais como traslado e hospedagem de passageiros, perda da imagem e outras consequências. Pior que estes fatores citados é a disponibilização da aeronave para voo sem condições operacionais gerando consequências desastrosas em todos os sentidos.

Cabe uma reflexão sobre o papel da organização nas falhas que ocorrem dentro da área de manutenção, não para absolver os técnicos de manutenção da responsabilidade pelo seu trabalho, ou para transferir a culpa dos trabalhadores para a gestão, mas para criar condições de forma que as atividades de manutenção sejam feitas de forma a garantir a segurança de voo e de todos os envolvidos na operação.

Segundo Hobbs (2006), na década de 1990 uma onda inicial de cursos de formação de fatores humanos para o pessoal de manutenção iniciou-se nos Estados Unidos, inspirado no sucesso de formação em gestão de recursos dos pilotos. Este programa foi centrado em temas como a assertividade, gestão do stress, tomada de decisão, a consciência das normas, habilidades de comunicação e resolução de conflitos. Existem ainda outras ações que estão reduzindo alguns fatores ligados as causalidades de acidentes através de treinamento com foco às organizações, que o caso do Relatório 145 da AESA (*op. cit.*).

Fica como nossa contribuição, para os órgãos responsáveis pela fiscalização da aviação nos países, no caso do Brasil a ANAC, criarem normas específicas de forma que as organizações não apresentem somente os certificados dos técnicos de manutenção, mas que acrescente a obrigatoriedade os treinamentos continuados de fatores humanos recomendados pelos órgãos internacionais. Que se institua um processo de fiscalização de forma eficiente nas companhias aéreas no que tange ao cumprimento das normas existentes.

Considerações Finais

Embora reconhecendo que o pessoal de manutenção é responsável por suas ações, deve-se também considerar que em muitos casos, os erros dos técnicos de manutenção é a manifestação visível de problemas com raízes profundas na organização. Um exame cuidadoso de cada erro, combinado com uma preparação para investigar o motivo do erro, pode ajudar a identificar problemas até então ocultos com sendo de origem organizacional.

Esperamos que nossa pesquisa desperte nos órgãos responsáveis a motivação para que revisem e criem novas metodologias para as investigações de acidentes aéreos, assim como as companhias aéreas cuja imagem quando da ocorrência de um acidente fica totalmente comprometida, sendo esta normalmente intangível no que diz respeito à confiança dos usuários.

Comprovamos que alguns fatores ficaram evidentes como a falta de capacitação dos mecânicos, a falha nos procedimentos de vistoria das aeronaves, sejam elas em trânsito nos aeroportos, ou que estão em manutenção nos hangares das companhias. Destacamos também que não foram constatados nas nossas pesquisas e nos relatórios de acidentes aéreos elementos que indicassem que a companhia aérea estivesse cumprindo total ou parcialmente as normas e procedimentos para área de manutenção. Acreditamos que este é um bom momento dos órgãos de investigação determinar parâmetros para que este tipo de fator fosse mais destacado nas investigações. Estamos diante de um aumento crescente do uso do transporte aéreo e de acordo com o CENIPA¹⁹, o número de acidentes tende a superar recordes no Brasil, visto que até 20 de junho já haviam sido registrados 74 acidentes aéreos, 67% do total de todo ano de 2010.

Um acidente recente na cidade de Recife-PE ínsita fortes duvidas sobre preceitos organizacionais que foram negligenciados pela empresa de aviação, que terminaram por conduzir a um trágico acidente. Tanto que o formato da investigação aérea esta tomando um curso diferente do tradicional com envolvimento de Policia Federal do Brasil, envolvimento desta natureza nunca visto antes em investigações de acidentes com aeronaves.

As evidências até então divulgadas nos remetem a conclusões que confirmam as nossas hipóteses descritas no início da nossa dissertação, onde confirmamos que existe uma forte correlação entre os acidentes e incidentes aeronáuticos e a participação direta ou contributiva da manutenção de aeronaves. Devemos estar

¹⁹ <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/06/cenipa-diz-estar-preocupado-com-aumento-de-acidentes-aereos-no-pais.html> - Acesso em 21/06/11

atentos aos preceitos de normas e procedimentos administrativos/humano-organizacionais devem ser tratados sobre o foco da Ergonomia Organizacional.

Através da nossa pesquisa pudemos detectar que ainda faltam análises mais profundas dos órgãos e entidades relacionadas à segurança do voo, no estudo dos fatores psicológicos ou mesmo ergonômicos que atuam nos mecânicos no momento que este está executando sua tarefa.

Alguns fatores causais ainda ficarão mascarados pela atitude complacente, pela omissão dos órgãos fiscalizadores e pelos gestores administrativos que priorizam lucros em detrimento à segurança da aviação e ao ser humano. Estes fatores deverão ser pesquisados com maior profundidade com uma evolução da investigação iniciada com esta dissertação, como forma de contribuir para a redução dos erros nas organizações, melhorar as condições de trabalho humana e melhorar os fatores de riscos não somente na área de aviação, mas em todas as organizações afins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia - <http://www.abergo.org.br/> - Acesso em 30/07/2011
- ABNT – NBR 10151 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, Rio, Jun 2000.
- _____ – NBR 10152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, Rio, 1987.
- _____ – NBR 5382 – Verificação de Iluminâncias, Rio, 1991.
- _____ - NBR 5413 - Iluminância de Interiores, Rio, 1991.
- ABRAHÃO, J.I. Reestruturação produtiva e variabilidade do trabalho: uma abordagem da ergonomia. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília, v.16, nº 1, p. 49-54, 2000.
- ABRANTES, A. F. Ergonomia no Ambiente de escritórios. *Artigo técnico*. 2001. Disponível em: <<http://www.guialog.com.br/ARTIGO175.htm>>. Acesso em 13/09/2008.
- ABRANTES, M. G. Um olhar cognitivo sobre o lugar de trabalho – Avaliação de desempenho em ambiente de escritório: Estudo de caso em empresa de advocacia. Dissertação de Mestrado em arquitetura da UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.
- ACOEM – AMERICAN COLLEGE OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL MEDICINE-Noise and Hearing Conservation Comitee, *J Occup Environ Med*, Jun; 45(6): 579-81; 2002
- AIE - Associação Internacional de Ergonomia (http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html), Acesso em 22/09/2009
- ALEXANDERSON, ERICK Human Error in Aviation – An overview with Special Attention to Slip and Lapses– School of Aviation, Lund University (08 de janeiro de 2003)
- AMERICAN AIRLINES FLIGHT 191 Retrieved on 16 Sep 2009 from Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/American_Airlines_Flight_191%20/%20cite_note-7 Acesso em 30/08/2009
- ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – www.anac.gov.br – Acesso em 23/07/2011

_____ - (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL)
(<http://www.transportabrasil.com.br/2010/11/companhias-aereas-brasileiras-registram-aumento-em-voos-domesticos-e-internacionais/>) Acesso em 25/06/2010

ARAÚJO, GIOVANNI M. e REGAZZI, ROGÉRIO D. Perícia e Avaliação de Ruído e Calor Passo a Passo. Teoria e Prática. 2.ed. Rio de Janeiro: 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10152 – Nível de ruído para conforto acústico. Brasil, 2000.

ATSB Recommendation Retrieved on 16 Sep 2009 from Australian Transport Safety Bureau

AVIATION SAFETY NETWORK – ASN - <http://aviation-safety.net/index.php> - Acesso em 01/08/2011

BEA - Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (<http://www.bea.aero/en/enquetes/flight.af.447/flight.af.447.php>) Acesso em 03/08/2010

BETING, G (2005) - Registro de acidentes – (www.jetsite.com Acesso em 25/05/2009

BOEING (2003). *Statistical summary of commercial jet aircraft accidents*. Seattle, Washington.

BOEING COMMERCIAL AIRPLANES (2008). *Flight Interruption Cost Estimates*. Boeing Minute, 17 November 2008.

BRUEL and KJAER (2000). Environmental Noise Booklet. (<http://www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm> dated 7 May 2003)

CANADIAN CENTRE for OCCUPATIONAL HEALTH and SAFETY. Job Design – How it contributes to occupational health and safety, 1992

CENIPA – Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes - (http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/PANORAMA_2000_2009.pdf - Página 05). Acesso em 28/07/2011;

CHAPANIS, A. (1959). Research techniques in human factors. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press

_____, A engenharia e o relacionamento homem-máquina; tradução de Márcio Cotrim. São Paulo, Atlas, 1972.

CHAPARRO, A. and GROFF, L. (2003). User perceptions of aviation maintenance technical manuals. Proceedings of International Society for Aviation Psychology Symposium. (pp 216-221). Dayton, Ohio, April.

CHIAVENATO, Idalberto. *Recursos humanos: o capital humano das organizações*. São Paulo: Atlas, 2004.

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes -
<http://www.cipa.uem.br/Mapaderisco/mapaderisco01.php> – Acesso em 29/07/2011.

COTTEREAU, A. Theories de l'action et notion de travail. Note sur quelques difficultés et quelques perspectives. In : COLLOQUE INTERDISCIPLINAIRE "TRAVAIL: RECHERCHE ET PROSPECTIVE " - THÈME TRANSVERSAL no 1 - CONCEPT DE TRAVAIL, 1992, Lyon. Anais...LYON : CNRS, PIRTTEM, ENS DE LYON, 1992. p. 41-52.

COULLAHAN R., AND SIEGFRIED, C., Life Cycle Asset Management, Facilities Engineering Journal (1996). CRU, D. (1998). Les règles de métier. In C. Dejours (org.): *Plaisir et souffrance dans le travail*. CNRS, Éditions de l'AOCIP, Tome 1, pp. 29-50.

CRU, D. (1998). Les règles de métier. In C. Dejours (org.): *Plaisir et souffrance dans le travail*.

CURY, A. Organização e métodos. Uma visão holística. Perspectiva comportamental e perspectiva contingencial. 7a ed. São Paulo : Editora Atlas, 2000.

DANIELLOU, F.; LAVILLE, A.; TEIGER, C. Ficção e realidade do trabalho operário. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 17, n. 68, 1989.

DAWSON, D., and REID, K. (1997). Equating the performance impairment associated with sustained wakefulness and alcohol intoxication. *Journal of the Centre for Sleep Research*, 2, 1-8. de J. Leplat. Tome 1, p.47-59.

DEKKER, S Illusions of explanation: A critical essay on error classification – *The International Journal of Aviation Psychology* , 13(2) pag 95-106 (2003)

DEKKER, S Investigation Human Error. Lkoping, Swedish Centre for Human Factor in Aviation (2002)

DOLLE, J.M. (1987). *Au-delà de Freud et Piaget. Jalons pour de nouvelles perspectives em Psychologie*. Privat Editeur, Toulouse, France., pp. 16-17.

DRURY, C. G. (1992). Inspection performance. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of industrial engineering, 2nd Ed*. New York: John Wiley.

ELALI, G. A Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinar. *Estudos de Psicologia*, 2(2), 1997, 349-362

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA) Part 145 -
[http://www.easa.eu.int/approvals-and-standardisation/organisation-approvals/docs/part-145/EASA%20AAM%20Guidance%20\(AAM-G\)%20for%20Canadian%20approved%20organisations.pdf](http://www.easa.eu.int/approvals-and-standardisation/organisation-approvals/docs/part-145/EASA%20AAM%20Guidance%20(AAM-G)%20for%20Canadian%20approved%20organisations.pdf) Acesso em 23/04/2011

FAA – Federal Aviation Administration - AC 120-66B
http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/61C319D7A04907A886256C7900648358. Acesso em 23/06/2011

FANGER, P. O. Thermal comfort – analysis and applications in environmental engineering. United States: McGraw-Hill Book Company, 1972. 244 p.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA) <http://hfskyway.faa.gov> – Acesso em 15/10/2009

FERRARI, MAC. Estimulação cognitiva na terceira idade. Revista de terapia ocupacional v.8, nº 2/3, p. 62 – 66, 1997.

FERREIRA, M. C. & MENDES, A. M. (no prelo). *Trabalho dos AFPS e índices de adoecimento: estado de alerta*. Brasília: Fenafisp.

FERREIRA, M. C. Atividade, categoria central na conceituação de trabalho em ergonomia. Revista Aletheia, Canoas, nº 11, p. 71-82, 2000.

_____. Coabitação da modernização businesscêntrica com a gestão à moda antiga: breve balanço em ergonomia do processo de introdução de novas tecnologias no trabalho. In: II Congresso Norte Nordeste de Psicologia, 2001, Salvador. Anais do II Congresso Norte Nordeste de Psicologia, Salvador: CD-ROM, 2001.

_____. (1995). *Complexité en ergonomie : De quoi parle-t-on ? Quelques éléments* Laboratório de Ergonomia, Universidade de Brasília – UnB

_____. (1997). Atividade, categoria central na conceituação de trabalho em ergonomia. Laboratório de Ergonomia, Universidade de Brasília - UnB.

_____. Bem-estar: Equilíbrio entre a cultura do trabalho prescrito e a cultura do trabalho real. Brasília: Laboratório de Ergonomia, Universidade de Brasília – UnB, (no prelo).

FERREIRA, M.C. e FREIRE, O.N. (2000). *‘A empresa treina, mas na prática é outra coisa’* Laboratório de Ergonomia, Universidade de Brasília – UnB

FERREIRA, M.C.; ARAÚJO, F.B.O.; ARAÚJO, D.L.M. A teoria e a prática no trabalho do caixa de supermercado. In: XXVIII Reunião Anual de Psicologia, 1998, Ribeirão Preto. Resumos da XXVIII Reunião Anual de Psicologia, Ribeirão Preto: Editora, 1998. p.143-143.

FITTS, P. M. e JONES, R. E. , (1947). Analysis of factors contributing to 460 “pilot error” experiences in operating aircraft controls. *Memorandum Report TSEAA-694-12*, Aero Medical Laboratory, Air Material Command, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, Ohio, USA, July 1

FLIGHT INTERNACIONAL, 2003, Setembro, pag 21 -
<http://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/2003/2003%20-%202921.html>

FONTE: SANTOS, N., FIALHO, F. A. P. Manual de Análise Ergonômica no Trabalho. 2^o ed. Curitiba: Genesis Editora, 1997.

G1 - GLOBO - <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/06/cenipa-diz-estar-preocupado-com-aumento-de-acidentes-aereos-no-pais.html> - Acesso em 21/06/2011

GIVONI, B. Man, climate and arquitetura. 2 ed. London; Applied Science Publishers Ltda. 1976.

GLOBO NOTÍCIAS - <http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/0,,MUL72028-5605,00.html> – Acesso em 03/08/2011;

GLOBO.COM - (<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL77167-5603,00.html>)
 Acesso em 28/07/2010

_____ - (<http://g1.globo.com/Noticias/0,,LIF1041-5605,00.html>). Acesso em 25/07/2010

GONTIJO, L.A. Curso de engenharia ergonômica do trabalho. Notas de Aula. Florianópolis: UFSC. 1995

GUÉRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J.; KERGUELEN, A. Compreender o trabalho para transformá-lo. A prática da ergonomia. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

H. W. HENDRICK, Ergonomics in organizational design and management, *Ergonomics*, 34, Santa Monica, 1991, 743.

HALL, STUART. A identidade cultural na pós-modernidade. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.

HAWKINS, F. H. (1993). *Human factors in flight*. Aldershot: Ashgate.

HOBBS, A. (2007). *The development and validation of the Maintenance Environment Questionnaire*. Paper presented at 14th International Symposium on Aviation Psychology, 23-26 April, Dayton, Ohio.

HOBBS, A. and WILLIAMSON, A. (2000) Aircraft Maintenance Safety Survey: Results. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.

_____ (2002). Skills, rules and knowledge in aircraft maintenance. *Ergonomics*, 45, 290-308.

_____. (2002). Unsafe and unsafe outcomes in aircraft maintenance. *Ergonomics*, 45, 866-882.

_____. (2003). Associations between errors and contributing factors in aircraft maintenance. *Human Factors*, 45, 186-201.

HOBBS, ALAN - Civil Aviation Safety Authority (2006). Notice of Proposed Rule Making. A Proposal to Modernise and Harmonise Rules for the Maintenance of Australian Aircraft and Licensing of Aircraft Maintenance Personnel. (Document NPRM 0604MS). Canberra

_____ - International Civil Aviation Organization (2008). *Safety Management Manual (SMM)*. 2 ed. (Document 9859).

_____. Bureau of Air Safety Investigation (1999). *Regional airline safety study: Project report*. Canberra

HUBAULT, A. (1995). A quoi sert l'analyse de l'activité en ergonomie. In Performances Humaines & Techniques. Septembre, no hors série Séminaire Paris I, Paris, 79-85.

HUDSON, P. (2000). Safety culture and human error in the aviation industry: In search of perfection. In B. Hayward e A. Lowe (Eds). *Aviation Resource Management*. Ashgate: Aldershot.

IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

JAPAN AIRLINES FLIGHT 123 Retrieved on 16 Sep 2009 from Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Airlines_Flight_123 - Acesso em 30/08/2009

JAPANESE AIRCRAFT ACCIDENT INVESTIGATION COMMISSION. (1987). *Investigation Report. Japan Air Lines Co., Ltd. Boeing 747 SR-100. JA8119, Gunma Prefecture, Japan, August 12, 1985.*

JENKINS R. et al, Simpósio de Gerenciamento de Recursos de Equipes, CRM, Rio (2004)

JÚDICE, M. O. Contribuições da ergonomia para projetos de concepção de espaços de trabalho em escritório. Instituto de Psicologia. Dissertação de Mestrado UnB: 2000.

KERMODE, A.C., BARNARD, R.H., *Mechanics of Flight*, Prentice Hall:1972

KIRWAN, B. (1994). *A practical guide to human reliability assessment*. London: Taylor and Francis.

KIRWAN, B. AND AINSWORTH, L. K. A Guide to Task Analysis. London, Taylor and Francis, 1992

KOOGAN HOUAISS - Enciclopédia e Dicionário Koogan Houaiss 2009 - Positivo-Enciclopédia e Dicionário Editora Delta

KOOGAN/HOUAIS, *Enciclopédia e dicionário ilustrado*. Rio de Janeiro: Seifer, 1999.

KROEMER, K.; KROEMER, A. Office Ergonomics. London: Taylor & Francis, 2001 *L'ergonomie en quête de ses principes*. Octares Editions, Toulouse - France, pp 57-76.

KROENER, Karl H. E.; GRANDJEAN, Etienne. Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. (tradução de Lia Buarque de Macedo Guimarães) 5ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 327p.

LAMES – Licensed Aircraft Maintenance Engineers
http://www.atsb.gov.au/media/33957/sir200102_001.pdf – Acesso me 15/04/2011

LAURELL, A. C. *Processo de produção de saúde*. São Paulo: Hucitec, 1985.

LAVILLE, A. (1993). *L'ergonomie*. Paris: PUF, 5ª ed.

LEAPE, L.L. (1994). Error in medicine. *Journal of the American Medical Association*, 272, 1851-1857.

LEARMOUNT, D. (2004). Annual Accident Survey. *Flight International*, 20-

LEONTIEV, A. O desenvolvimento do psiquismo. São Paulo: Editora Moraes, 1964.

LEPLAT, J. & HOC, J.M. Tâches et activités dans l'analyse psychologique des situations de travail. In Cahiers de Psychologie Cognitive, vol. 3, no 1, Marseille – France, 1992.

_____. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. In L'analyse du travail en psychologie ergonomique (Recueil de Textes). Sous la Direction de J.Leplat. Tome 1, p. 47-59

LEPLAT, J. (1996). Quelques aspects de la complexité en ergonomie. In F. Daniellou (Org).

LICHTENBERGER, Y. *O ergonomista entre conflito e cooperação no trabalho. Posfácio da 2ª Edição*. In F. Guérin; A. Laville; F. Daniellou; J. Duraffourg; A. Kerguelen, Compreender o trabalho para transformá-lo. A prática da ergonomia. Tradução Giliane M. J. Ingratta & Marcos Maffei. São Paulo : Editora Edgard Blücher, 2001.

LIMA, F. et al Análise do trabalho como fator de aumento da eficácia da informatização. Anais do V Seminário de Engenharia Industrial. 1995. Timóteo MG. (1995)

MACIEL, T. R. *Fatores interferentes na satisfação dos trabalhadores de uma Unidade de Alimentação e Nutrição hospitalar*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

MAGALHÃES, Celso. Técnica da chefia e do comando. 9.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

MAGALHÃES, EDEM GÓES. Identificação dos agentes de riscos ambientais no setor de manutenção de aeronaves em uma empresa de aviação de porte industrial na cidade do Recife-PE – Pós-Graduação de Engenharia em Segurança do Trabalho – POLI-PE, Recife – 2010.

MARCOM, M. C. *As novas propostas de organização do trabalho e a participação do trabalhador: um estudo de caso desenvolvido junto a uma unidade de alimentação e nutrição tipo concessionária, sob um enfoque ergonômico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. Disponível em: < <http://teses.eps.ufsc.br/index.asp>>. Acesso em: 15 julho 2009.

MARTINS, EDGARD THOMAS - Ergonomia na aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes / Edgard Thomas Martins, -Recife: O Autor, 2006. 338 folhas: il., fig., tab. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CAC, Design, 2006.

_____ - Estudo das implicações na saúde e no trabalho do aeronauta embarcado em modernas aeronaves no processo interativo homem-máquinas complexas. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães. 2010.

MARX, D.A. and GRAEBER, R.C. (1993). *Human Error in Aircraft Maintenance*. Boeing Commercial Airplane Group. Seattle, Washington.

MASON, S. (1997). Procedural violations – causes, costs and cures. In F. Redmill & J. Rajan (Eds.), *Human factors in safety-critical systems* (pp. 287-318). London: Butterworth Heinemann.

MATOS, C.H. *Condições de trabalho e estado nutricional de operadores do setor de alimentação coletiva: um estudo de caso*. Florianópolis, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: < <http://teses.eps.ufsc.br/index.asp>>. Acesso em: 15 julho 2009.

MATOS, C.H.; PROENÇA, R.P.C. Condições de trabalho e estado nutricional de operadores do setor de alimentação coletiva: um estudo de caso. *Rev. Nutr.* [online]. 2003, vol.16, n.4, pp. 493-502. ISSN 1415-5273.

MATTOS, U. A. O. Introdução ao estudo da questão saúde e trabalho. Rio de Janeiro: ENSP/CESTEH. 1992.

MCDONALD, N., CORRIGAN, S., DALY, C., & CROMIE, S. (2000). Safety management systems and safety culture in aircraft maintenance organisations. *Safety Science*, 34, 151–176.

MEISTER, DAVID-The History of Human Factors and Ergonomics, Londres, Lawrence Erlbaum Publishers (1999)

MENDES, A.M. ABRAHÃO, J.I. A influência da organização do trabalho nas vivências de prazer-sofrimento do trabalhador: uma abordagem psicodinâmica. *Revista Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília, v. 2, n. 26, p.179-184, 1996.

MINISTÉRIO DO TRABALHO -

http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf- Acesso em 30

_____ - <http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm> - Acesso em 30/08/2010

_____ http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf - Acesso em 30/08/2010

_____ - <http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1992/default.asp> - Acesso em 30/08/2010

MONTMOLLIN, M. A ergonomia. Lisboa: Éditions La Découverte, 1990.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Cláudia. Ergonomia: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: 2AB, 1998

MORAES, Anamaria de (E). Dimensionamento da interface homem-máquina: compatibilização dos usuários extremos; comparação da aplicação de dados antropométricos brasileiros e americanos,(org) Anais do IV Seminário Brasileiro de Ergonomia. Rio de Janeiro, ABERGO/FGV (Associação Brasileira de Ergonomia/Fundação Getúlio Vargas), 1989.

MUNRO, P., KANKI, B. and JORDAN, K. (2008). Beyond 'INOP': logbook communication between airline mechanics and pilots. *International Journal of Aviation Psychology*, 18, 86-103.

NAGEL, D. et al. –Human Error in Aviation in E.L. Wiener and D. Nagel (eds) HUMAN Factor in Aviation (Academic Press London) pag-263-303 - 1988

- NAKAJIMA, S. Total productive maintenance. Productivity Press, 1988.
- NASA (2000). Aviation safety reporting system program overview. From http://asrs.arc.nasa.gov/overview_nf.htm.
- NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (1998). www.nts.gov – Acesso em 23/04/2011
- NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD (NTSB), (1998) <http://web.mit.edu/newsoffice/1998/crash-0211.html> Acesso em 22/03/2010
- NERI, A.L. (1997). Qualidade de vida na velhice. Em M. Delitti (Org.), Sobre comportamento e cognição: a prática da análise do comportamento e da terapia cognitivo comportamental (pp. 34-40). Campinas: Arbytes.
- NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. in Arquitetura: Pesquisa e Projeto. São Paulo:Proeditores, 1998.
- NOULIN, M. (1992). *Ergonomie*. Toulouse : Éditions Techniplus.
- O`HARE, D, WIGGINS, M., BATT, R. and MORRISON, D. (1994) *Ergonomics* , vol 37, No. 11 pag 1855 – 1884)
- OLGYAY, V. & OLGAY, A. (1973): “Design with Climate: Bioclimatic Appr Architectural Regionalism”. Princeton University Press, USA.
- OLIVEIRA Marco. Cultura organizacional. São Paulo: Nobel, 1998
- OLIVEIRA, Romeu D. (s.d.) A ERGONOMIA NO PROJETO DE DESIGN INDUSTRIAL: UM FATOR DE USABILIDADE. I Encontro África -Brasil de Ergonomia V Congresso Latino -Americano de Ergonomia IX Congresso Brasileiro de Ergonomia III Seminário de Ergonomia da Bahia (1999)
- OSTROM, L.T. & WILHELMSSEN, C.A.(2008). Developing risk models for aviation maintenance and inspection. *International Journal of Aviation Psychology*. 18, 30-42.
- PEREIRA, F, SOUZA, M.B. – Conforto Ambiental – Iluminação – UFSC. Florianópolis, SC, 2000.
- POLLOCK, C. (1988). The use of human error data as indicators of changes in work performance. In A. Feyer & A. Williamson (Eds.) *Occupational Injury. Risk, prevention and intervention* (pp. 59-71). London: Taylor and Francis.
- PREDMORE, S., & WERNER, T. (1997, March). Maintenance human factors and error control. Paper presented at the 11th FAA Symposium on Human Factors in Aviation Maintenance, San Diego, CA.

RABARDEL, P.; CARLIN, N.; M. CHESNAIS; LANG, N.; LE JOLIFF, G. & PASCAL, M. (1998). *Ergonomie, concept et méthodes*. Toulouse: Éditions Octarès.

RANKIN, B. & ALLEN, J. (1996). Boeing introduces MEDA, Maintenance Error Decision Aid. *Airliner*, April-June, 20-27.

RANKIN, W. L & SOGG, S. L. (2003). Update on the Maintenance Error Decision Aid (MEDA) Process. Paper presented at the MEDA/MEMS Workshop and Seminar. May 21-23, 2003, Aviation House, Gatwick, UK.

RASMUSSEN, J & LIND, M. Coping with complexity. Technical Report Ris⁻-M-2292. Roskilde, Denmark: Ris⁻ National Laboratory (1981)

RASMUSSEN, J. & JENSEN, A. (1974) Mental procedures in real-life tasks: A case study of electronic troubleshooting. *Ergonomics* 17, p. 293-307.

RASMUSSEN, J. (1982) Human errors: a taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*. 4, p. 311-33.

_____ The role of error in organizing behaviour, em *International Journal for Quality in Healthcare*. Oxford, Oxford Press 2003.

REASON, J. & HOBBS, A. (2003). *Managing maintenance error: A practical guide*. Ashgate: Aldershot.

REASON, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.

_____ (2000): Human error: models and management. *BMJ* 2000, 320:768-70

ROBERGE, PIERRE R., *Handbook Corrosion Engineering*, 1999, McGraw-Hill p. 371-481

ROPOHL, G., (1999). Philosophy of socio-technical systems. *Society for Philosophy Technology*, 4(3).

RUSSELL, S., BACCHI, M., PERASSI, A., & CROMIE, S. (1998). Aircraft Dispatch And Maintenance Safety (ADAMS) reporting form and end-user manual. (European Community, Brite-EURAM III report. BRPR-CT95-0038, BE95-1732.) Dublin, Ireland: Trinity College.

SANDTORV, H. and RAUSAND, M., Closing the loop between design Reliability and Operational Reliability, *Maintenance*, vol. 6, no. 1, p. 13-21, 1991.

SANTOS, NÉRI et Al. *Manual de Análise Ergonômica no Trabalho*, Gênesis, Curitiba (1997)

SANTOS, V; ZAMBERLAM, M. C. Projeto Ergonômico de Salas de Controle. São Paulo: Fundação Mapfre, 1992.

SANTOS, M.P. et al. A evolução ergonômica nos cockpits de aviões comerciais – Artigo, Congresso ABERGO, Gramado (2001)

SCHMIDT, J. K., SCHMORROW, D. & HARDEE, M. (1998). *A preliminary human factors analysis of naval aviation maintenance related mishaps*. SAE Technical Paper 983111. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.

SCHWARTZ, Y. (1992). *Sur le concept de travail*. In *Actes du Colloque Interdisciplinaire Travail: Recherche et Prospective* - Thème Transversal no 1 - Concept de Travail. CNRS, PIRTTEM, ENS de Lyon. pp.101-110.

SHAPPELL, S. & WIEGMANN, D. (2001). Applying Reason: The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS). *Human Factors and Aerospace Safety*, 1, 59-86.

SHORROCK, S.T., Kirwan, B., Scaife, R., Fearnside, P., (2000). Reduced vertical separation outside controlled airspace. Third Annual Conference on Aviation Safety Management, May (2000).

SINGLETON, W. T. (1974). *Man-machine systems*. London: Penguin.

STAMMERS AND SHEPHERD (1997) Task analysis. In J. R. Wilson & E. N. Corlett (Eds.), *Evaluation of human work*. London: Taylor & Francis.

TEIGER, C. (1992). Le travail, cet obscur objet de l'ergonomie. In : Colloque Interdisciplinaire "Travail: Recherche et Prospective" - Theme Transversal No 1 - Concept de Travail, 1992, Lyon. Actes du Colloque Interdisciplinaire. LYON: CNRS, PIRTTEM, ENS, 1992. p. 111-126.

TERRA NOTÍCIAS - <http://noticias.terra.com.br/brasil/noticias/0,,OI1212450-EI306,00-Acidente+com+Fokker+da+TAM+completa+anos.html> – Acesso em 03/08/2011;

TERSSAC, G. (1995). Le travail organisé: Faut-il repenser le travail ?. In *Actes du Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Biarritz, France, p. 5-9.

TRANSPORTA BRASIL -

<http://www.transportabrasil.com.br/2010/11/companhias-aereas-brasileiras-registram-aumento-em-voos-domesticos-e-internacionais/> Acesso em 30/01/2011)

VAN EIJNATTEN, F. M. (1991). *Research Memorandum 91-015*. The Netherlands: Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology, University of Limburg.

VIDAL, M. C. A evolução conceitual da noção de causa de acidentes do trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, n. 4, 1984, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ABEPRO, 1984.

WEILL-FASSINA, A. (1990). *L'analyse des aspects cognitifs du travail. In Les analyses du travail en jeux et formes*. Sous la Direction de : M. Dadoy, C. Henry, B. Hillau, G. de Tersac, J.-F. Troussier et A. Weill-Fassina. Collection des Etudes, no 54.

_____ (1998). Développement des représentations et des modalités de gestion en fonction de l'expérience professionnelle. Em Cahiers du CRÉAPT, Actes du Séminaire Vieillesse-Travail, avril, Paris.

WEILL-FASSINA, A., DUBOIS, D. & P. RABARDEL (1993). Représentations pour l'action. Octares Editions, Toulouse, France.

WISNER, A. (1994). *A inteligência no trabalho*. Textos selecionados. São Paulo: Fundacentro.

WISNER, A. Por Dentro do Trabalho, Ergonomia: método e técnica . São Paulo: FTD, 1987.

WISNER, A. Por dentro do Trabalho. Ergonomia: método e técnica. São Paulo : Oboré, 1984;

BIBLIOGRAFIA

ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia - <http://www.abergo.org.br/>

ABNT – NBR 10151 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, Rio, Jun 2000.

_____ – NBR 10152 – Níveis de Ruído para Conforto Acústico, Rio, 1987.

_____ – NBR 5382 – Verificação de Iluminâncias, Rio, 1991.

_____ - NBR 5413 - Iluminância de Interiores, Rio, 1991.

AIR ACCIDENT INVESTIGATION BRANCH. (1992). *Report on the accident to BAC One -Eleven, G-BJRT over Didcot, Oxfordshire on 10 June 1990.* (No. 1/92).

AIR SAFETY WEEK - Human Factors Programs Vital to Enhance Safety in Maintenance. (2002, August 12). *Air Safety Week*, 16, 1-6.

AIRCRAFT MAINTENANCE SAFETY SURVEY Retrieved on 16 Sep 2009 from Australian Transport Safety Bureau.

AMERICAN AIRLINES FLIGHT 191 Retrieved on 16 Sep 2009 from Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/American_Airlines_Flight_191%20/%20cite_note-7
Acesso em 30/08/2009

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil – www.anac.gov.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10152 – Nível de ruído para conforto acústico. Brasil, 2000.

AVIATION MAINTENANCE TECHNICIAN HANDBOOK, FAA-H-8083-30 - http://avstop.com/ac/Aviation_Maintenance_Technician_Handbook_General/index.html acessado em 31/10/2010

AVIATION SAFETY NETWORK – ASN - <http://aviation-safety.net/index.php>

BOEING COMMERCIAL AIRPLANES (2008). *Flight Interruption Cost Estimates*. Boeing Minute, 17 November 2008.

BOEING, MAINTENANCE ERROR DECISION AID. Seattle, Boeing Commercial Airplane Group. 1994

BUREAU OF AIR SAFETY INVESTIGATION (1999). Regional airline safety study: Project report. Canberra: <http://www.infrastructure.gov.au/aviation/> Acesso em 25/05/2010

CENIPA – Dados Estatísticos de 2000 a 2009

http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/PANORAMA_2000_2009.pdf
f Acesso em 28/01/2011

_____ – Site Oficial <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/historico.php> -
Acessado 23/06/09

_____ - Anuário do Transporte Aéreo–Vol.I–Dados Estatísticos–Ministério das
Aeronáutica–DAC-(2004)

_____ – Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes
(http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/PANORAMA_2000_2009.pdf -
Página 05). Acesso em 25/11/2010

CHAPANIS, A, A (1972) Engenharia e o Relacionamento Ser Humano-Máquina,
Atlas, S.P.,

CHAPARRO, A. and GROFF, L. (2003). User perceptions of aviation maintenance
technical manuals. Proceedings of International Society for Aviation Psychology
Symposium. (pp 216-221). Dayton, Ohio, April.

CNRS, Éditions de l'AOCIP, Tome 1, pp.29-50. Cognitive, EPHE, Paris (non
publié). *Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Biarritz, France,
p.5-9.

COSTELA, et al– Artigo-Proposta de método para identificação de tipos de erros
humanos- ENEGEP(2005)

DATAPREV - <http://www3.dataprev.gov.br/SISLEX/paginas/23/1999/3048.htm> -
Acesso em 30/08/2010

_____ - [http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/INSS-
DC/2003/99.htm](http://www81.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/INSS-DC/2003/99.htm) - Acesso em 30/08/2010

DRURY, C. G. (1995). The use of archival data. *Evaluation of Human Work*
(Second Edition), J. R. Wilson and E. N. Corlett (Eds). Chapter 5. Taylor and
Francis, New York. 101-112

DRURY, C. G., SHEPHERD, W. T. and JOHNSON, W. B. (1997). Error
reduction in aviation maintenance. *Proceedings of the 13th Triennial Congress
of the International Ergonomics Association'97*. Tampere, Finland. Vol. 3, 31-
33.

DRURY, C. G., WENNER, C. AND KRITKAUSKY, K. (1999). *Development of
process to improve work documentation of repair stations*. FAA/ Office of
Aviation Medicine (AAM-240). National Technical Information Service,
Springfield, VA.

DRURY, C. G., WENNER, C. and KRITKAUSKY, K. 2000). Information design issues in repair stations. *Proc. Tenth International Symposium on Aviation Psychology*. Columbus, OH. Easterby, R.S. (1967). Ergonomics Checklists: an appraisal. *Ergonomics*. 10(5), 549-556.

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, n. 4, *ergonomia*. Laboratório de Ergonomia, Universidade de Brasília - UnB.

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA) Part 145 - [http://www.easa.eu.int/approvals-and-standardisation/organisation-approvals/docs/part-145/EASA%20AAM%20Guidance%20\(AAM-G\)%20for%20Canadian%20approved%20organisations.pdf](http://www.easa.eu.int/approvals-and-standardisation/organisation-approvals/docs/part-145/EASA%20AAM%20Guidance%20(AAM-G)%20for%20Canadian%20approved%20organisations.pdf) Acesso em 23/04/2011

FARIA, A. NOGUEIRA. *Organização e métodos*. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984. 216 p..

FATAL ACCIDENT REPORT Retrieved on 16 Sep 2009 from Civil Aviation Authority of New Zealand - <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:test-1> – Acesso em 23/04/2011

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION - FAA, Advisory Circular AC 120-66B. - http://www.airweb.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library/rgAdvisoryCircular.nsf/0/61C319D7A04907A886256C7900648358 - Acesso em 25/05/2011

FEGYVERESI, A. (1997). Vocal Cues and Pilot/ATC Communication. *International Symposium on Aviation Psychology*. 81-84. Griffith, E. (1999). *A First Look at Communication Theory (4th edition)*. Boston:

FERREIRA, M.C. O Sujeito Forja o Ambiente, o Ambiente "Forja" o Sujeito: Inter-relação Indivíduo- Ambiente em Ergonomia da Atividade. In M.C. Ferreira e S. Dal Rosso (orgs), *Regulação social no trabalho*. Brasília : Laboratório de Ergonomia

G1 - GLOBO - <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/06/cenipa-diz-estar-preocupado-com-aumento-de-acidentes-aereos-no-pais.html> - Acesso em 21/06/2011

GALLEY, Magdalen. 50 years of Ergonomics : Where have we been and where are we going? Artigo-Congresso Abergo, 2002, Recife. (2002)

GERGES, Samir, N.Y. *Ruído: Fundamentos e Controle*. Florianópolis: S.N.Y. Gerges, 600 p., 1992

GRIFFITHS, D., Evolution of Computerized Asset Management and Maintenance, <http://www.afe.org/25cmms.html>, 1998. Acesso em 06/11/2010

HALL, Edward T. *A Dimensão Oculta*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

HAWKINS, F.H. (1993) *Human factors in flight*. Aldershot, England: Ashgate

- HOBBS, A. and WILLIAMSON, A. (2000) Aircraft Maintenance Safety Survey: Results. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.
- IIDA, I. Evolução das metodologias de projeto. Anais P&D Design 98 -3º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Puc-Rio. AEND -BR, Estudos em Design. Rio de Janeiro. 1998 p 382 -388. (1998)
- IIDA, ITIRO. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.
- JAPAN AIRLINES FLIGHT 123 Retrieved on 16 Sep 2009 from Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Airlines_Flight_123 Acesso em 30/08/2010
- KOBAYASH, H. & TERADA, H. (2006). *Crash of Japan Airlines B-747 at Mt. Osutaka*. Retrieved 1 December 2008, from Japan Science and Technology Agency Failure Knowledge Database (<http://shippai.jst.go.jp/en/>).
- KOOGAN/HOUAIS, enciclopédia e dicionário ilustrado. Rio de Janeiro: Seifer, 1999.
- LAVILLE, A.; TEIGER, C. & DANIELLOU, F. (1989). Ficção e realidade do trabalho.
- LEAPE, L.L., BRENNAN, T.A., LAIRD, N., LAWTHERS, A.G., LOCALIO, A.R., BARNES, B.A., HERNERT, L., NEWHOUSE, J.P., WEILER, P.C., & HIATT, H. (1991). The nature of adverse events in hospitalized patients. *The New England Journal of Medicine*, 324, 377-384.
- LEPLAT, J. & HOC, J.M. Tâches et activités dans l'analyse psychologique des situations de travail. In Cahiers de Psychologie Cognitive, vol. 3, no 1, Marseille – France, 1992.
- LIMA, F.P.A. Introdução à Análise Ergonômica do Trabalho (notas de aula). Belo Horizonte: UFMG (1996)
- LUCAS D. (1997). The causes of human error. In F. Redmill & J. Rajan (Eds.). *Human factors in safety critical systems* (pp. 37-65). Oxford: Butterworth Heinmann.
- MAGALHÃES, EDEM GÓES. Identificação dos agentes de riscos ambientais no setor de manutenção de aeronaves em uma empresa de aviação de porte industrial na cidade do Recife-PE – Pós-Graduação de Engenharia em Segurança do Trabalho – POLI-PE, Recife – 2010.
- MARTINS, Caroline de Oliveira. *Repercussão de um programa de ginástica laboral na qualidade de vida de trabalhadores de escritório*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARTINS, EDGARD THOMAS - Ergonomia na aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes / Edgard Thomas Martins, -Recife: O Autor, 2006. 338 folhas: il., fig., tab. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CAC, Design, 2006.

_____ - Estudo das implicações na saúde e no trabalho do aeronauta embarcado em modernas aeronaves no processo interativo homem-máquinas complexas. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães. 2010.

MARX, D. & GRAEBER, R. C. (1994). Human error in aircraft maintenance. In N.Johnson, N. McDonald & R. Fuller (Eds.). *Aviation Psychology in Practice* (pp. 87-104). Ashgate: Aldershot.

MASCULO, F.S. *Biomecânica Ocupacional* – Apostila de curso de especialização. UFPE. 2001

MINISTÉRIO DO TRABALHO -

http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_07_at.pdf - Acesso em 30/08/2010

_____ - <http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1992/default.asp> - Acesso em 30/08/2010

MONTMOLLIN, M. (org.). *Vocabulaire de l'Ergonomie*. Toulouse - Fr : Octarès Éditions, 1995.

MORAES, A. (1996) Et al. “Ergonomia, usabilidade e qualidade de produtos: conforto e segurança dos usuários; defesa do consumidor.” In *Anais P&D Design*. Belo Horizonte. NIELSEN, J. (1992). “Teaching experienced developers to design GUI.” CHI’92 pp.557-570.

NAKAJIMA, S. TPM – Total Productive Maintenance. Apresentado no Seminário Internacional da IMC, São Paulo, 1988

NASA (2000). Aviation safety reporting system program overview. From http://asrs.arc.nasa.gov/overview_nf.htm.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD - NTSB (1989). *Aloha Airlines, Flight 243, Boeing 737-200, N73711, near Maui, Hawaii, April 28, 1988*. NTSB/AAR- 89/03.

_____ (2004). *Loss of Pitch Control During Takeoff. Air Midwest Flight 5481. Raytheon (Beechcraft) 1900D, Charlotte, North Carolina, January 8, 2003*. NTSB/AAR-04/01.

_____ (1984). Eastern Air Lines, Inc., Lockheed L-1011, N334EA, Miami International Airport, Miami, Florida, May 5, 1983. NTSB/AAR-84/04

NOWLAN F. S., and HEAP, H. F., *Reliability Centered Maintenance*, Dolby Access Press, 1979.

PALLOIX, C.; O processo do trabalho: do fordismo ao neofordismo, pp. 69-97. In: *Processo de trabalho e estratégias de classe*, Zahar, 1982

PARKE, B., & KANKI, B. (2008). Best practices in shift turnovers. *International Journal of Aviation Psychology*. 18 (1) 72-85.

PAVARD, B. Apport des theories de La complexité à l'étude des systemes coopératifs. In: BENCHEKROUN, T. e WEILL-FASSINA, A. *Le travail collectif, perspectives actuelles em ergonomie*. 1.ed. Toulouse: Octares editions, 2000

PIRTTEM, ENS de Lyon. pp.101-110.

Quinto Serviço Regional de Aviação Civil - SERAC 5 - Seminário de Segurança de Voo em Manutenção – 2003.

RASMUSSEN, J. & Pedersen, O. M. (1984) A Human factors in probabilistic risk analysis and risk management. In *Operational Safety of Nuclear Power Plants (Vol. 1)*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

RASMUSSEN, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction – An approach to cognitive engineering*. North-Holland, New York.

_____ (1999). The concept of human error: is it useful for the design of safe systems?. *Safety Science Monitor*, Vol. 3, Article 1, p. 1-3.

REASON J. (1990). *Human error*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

_____ Human error: models and management. *BMJ* 2000, 320:768-70

REVISTA PROTEÇÃO 03-2004. www.protecao.com.br – Acesso em 30/04/2011

RIFKIND, L. J. (1996a). *Communication in the maintenance work environment*.

RODRIGUES, M. V C. *Qualidade de vida no trabalho*. Petrópolis: Vozes, 2000.

SANTOS, PATRÍCIA et al – Análise ergonômica do trabalho dos pilotos de linha aérea-Artigo Congresso Abergó – Gramado -A0938 (2001)

SIDMAN, M. (1995). *Coerção e suas implicações*. Trad. M. A. Andery; T. M. P.

STEVENS, F. WARSHOFISKY, and the Editors of Time-Life Books, *Sound and Hearing*, Life Science Library, Time-Life Books, Alexandria, VA, 1965, p. 173.)

TERSSAC, G. (1995). Le travail organisé: Faut-il repenser le travail ?. *In Actes du théoriques sur la notion de complexité*. Laboratoire d'Ergonomie Physiologique *et travail enjeux et formes*. Sous la Direction de : M. Dadoy, C. Henry, B. Hillau, G.

de *Travail: Recherche et Prospective* - Thème Transversal no 1 - Concept de Travail. CNRS,

TRANSPORTA BRASIL -

<http://www.transportabrasil.com.br/2010/11/companhias-aereas-brasileiras-registram-aumento-em-voos-domesticos-e-internacionais/> Acesso em 30/01/2011)

VERDUSSEN, Roberto. *Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

VIDAL, M.C.-Introdução à Ergonomia, apostila, GENTE -Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias CESERG -Curso de Especialização Superior em Ergonomia. (2005).

APENDICES

APENDICE 1 – FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

Registro de análise de relato de acidente / incidente com aeronaves

PESQUISA PARA ELABORAÇÃO DE TESE DO MESTRADO EM
DESIGN

Mestrando: Reginaldo Machado Campos
Orientador: Prof. Marcelo Soares, PhD.

FONTE

ORIGEM

REFERÊNCIA

COMPLEMENTO

RESUMO

DATA: ____/____/____

APENDICE 2 – TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO

A tabela 14 compara as Ações Erradas da Tripulação segundo O'Hare, Dekker e Nagel.

Atitude ou ação da tripulação (Baseado no algoritmo de O'Hare (1994) e ampliado)	Categoria Dekker (2002) ESTÁGIO DO ERRO	Categoria Nagel (1988) PERSPECTIVA DO ERRO	ATIVIDADE / EVENTO
Nenhuma ação errada	Não houve	Não houve	A0-Houve oportunidade de intervenção do piloto?
Comandos errados	Sistêmico	Ação	A1-O piloto teve chance de aplicar comandosn?
Decisão e julgamento (toque –arremetido)	Cognitivo	Decisão	A2-Ação de pouso abortado
Falha na checagem - monitoração	Cogniivo	Decisão	A3-Falha de checagem/monitoração
Falha de recuperação em perda	Sistêmico	Ação	A4 – Procedimentos para manter o envelope aerodinâmico da aeronave
Mal julgamento de condições metereológicas	Cogniivo	Decisão	A5-Avaliação das condições ambientais e metereológicas externas à aeronave
Mal julgamento de altitude e visibilidade	Cogniivo	Decisão	A6-Avaliação das condições externas de vôo em relação à altitude da aeronave em relação ao solo e à visibilidade
Erro de informação	Cogniivo	Informação	A7-O piloto detectou erros no estado do sistema ?
Erro de diagnóstico	Cogniivo	Decisão	A8-Tendo como referência as informações disponíveis , o piloto diagnosticou corretamente o estado do sistema?
Erro de meta	Cogniivo	Decisão	A9 – O piloto cumpriu a meta nestas circunstâncias ?
Erro de estratégia	Cogniivo	Decisão	A10-O piloto escolheu a estratégia na meta escolhida?
Erro de procedimento	Sistêmico	Ação	A11-O piloto executou os procedimentos compatíveis com a estratégia escolhida?
Erro de ação	Sistêmico	Ação	A12-Os procedimentos foram executados corretamente?
Outros erros da tripulação	avaliar	avaliar	A13 – Erros não classificados
Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente	Não houve	Não houve	A14 – Eventuais erros onde os pilotos estavam condicionados a um procedimento de impotência em relação à ameaça ou ocorrência de acidente/incidente
Problemas originados por fatores aeromédicos e psicossociais			A15-Origens aeromédicas e psicossociais

Tabela 14 – Classificação dos componentes do núcleo do algoritmo

A tabela 15 descreve as Ações Erradas da Tripulação segundo a classificação de O'Hare.

Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare)	A
Grupo A	
Nenhuma ação errada	A0
Comandos errados	A1
Decisão e julgamento (toque –arremetido)	A2
Falha de checagem/monitoração	A3
Falha de recuperação em perda	A4
Mal julgamento de condições metereológicas	A5
Mal julgamento de altitude, <i>atitude da aeronave</i> e visibilidade	A6
Erro de informação	A7
Erro de diagnóstico	A8
Erro de meta	A9
Erro de estratégia	A10
Erro de procedimento	A11
Erro de ação	A12
Outros erros da tripulação	A13
<i>Problemas que impossibilitam os pilotos de agirem apropriadamente</i>	A14
<i>Origens aeromédicas e psicossociais</i>	A15

Tabela 15 - Alterações (**vermelho**) no grupo “Ação errada da tripulação (Grupo baseado no algoritmo de O'Hare (1994))”

A tabela 16 descreve os eventuais Índícios de causas ergonômicas dos acidentes aéreos.

Eventuais indícios de causas ergonômicas	BN
Grupo B	
Problema estrutural (materiais)	B1
Erro de projeto	B2
Escolha errada de aeronave	B3
Pessoal de apoio de terra	B4
Estresse	B5
Torre de controle (Procedimento com ATC – <i>Air Traffic Control</i>)	B6
Fadiga e problemas fisiológicos/ Distúrbios fisiológicos	B7
Problemas psicológicos e emocionais	B8
Erro de liderança	B9
Problemas de capacitação	B10
Treinamento inadequado / Treinamento deficiente	B11
Erro mecânico / erro de manutenção/ falhas de instrumentos	B12
Erro de layout	B13
Sobrecarga emocional e / ou cognitiva	B14
Distribuição errada da tarefa	B15
Instrumentos em posição deficiente	B16
Erro de linguagem	B17
Erro comunicacional	B18
Erro de informação	B19
Erro coletivo	B20
Outros problemas ergonômicos / cognitivos	B21

Tabela 16 – Causalidades ergonômicas associadas a erros aeronáuticos

A tabela 17 descreve os eventuais Indícios reveladores de uma cadeia de erros segundo o FAA.

Indícios reveladores de uma cadeia de erros (Segundo a FAA)	I
Grupo I	
Ambigüidade	I1
Fixação ou Preocupação	I2
Insegurança ou Confusão	I3
Violando os Mínimos	I4
Procedimentos Irregulares / mal elaborados	I5
Ninguém voando o avião	I6
Ninguém olhando para fora	I7
Incapacidade de atingir objetivos	I8
Discrepâncias não resolvidas	I9
<i>Abandono de procedimentos padronizados de operação</i>	I10
<i>Problemas com soluções operacionalmente não previstas</i>	I11
<i>Problemas com insuficiência de informações para ações no cockpit</i>	I12

Tabela 17 - Alterações (**vermelho**) no grupo “Indícios reveladores de uma cadeia de erros” (Segundo a FAA)

A tabela 18 descreve as causalidades de acidentes baseados nos indicadores do CENIPA – Centro Nacional de Investigação e Prevenção de Acidentes

Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores da CENIPA) - Grupo C	C
Controle de tráfego aéreo e problemas de navegação	C1
Acidentes com carga e ou porta de carga/ falha de dispositivos	C2
Colisões (colisões no ar e no chão)	C3
Fatores por condicionantes externos, tesoura de vento, raio	C4
Problemas metereológicos graves	
Tripulação de bordo – Drogas, álcool, condição mental desfavorável, não seguimento de regulamentos, cansaço/ sono/ fadiga.	C5
Fogo – no hangar/ no solo, no ar, no interior da aeronave	C6
Pouso/decolagem – excesso, falta de velocidade, comandos travados, configuração errada de programação condições de prumo ruins.	C7
Manutenção – falha de diretivas, instalação errada de componentes.	C8
Resultado - pouso de emergência, perda de controle.	C9
Segurança – sabotagem, seqüestro, insanidade a bordo	C10
Condições metereológicas desfavoráveis - vento, tesoura de vento, gelo, chuva, má visibilidade	C11
Problemas corporativos (administração da Empresa)	C11
Ação terrorista, seqüestros e passageiros	C12
Colisão vinda de outra aeronave	C13
Desconhecido causas indeterminadas.	C14
Desinformação - componente instalado sem esclarecimento de características operacionais	C15
Imprevisibilidade-Falta de avaliação de situações que conduzem a erros	C16
Imprevisibilidade – Avaliação errada devido à desinformação ou informação errada / incompleta	C17
Problemas corporativos-normas não apropriadas	C18

Tabela 18 - Alterações (**vermelho**) no grupo Causalidades de acidentes (Baseado nos indicadores do CENIPA)

APENDICE 3 – CHECKLIST DE INSPEÇÃO

- 1 - Grupo de fuselagem e do casco:
 - a. Pintura e acabamentos em deterioração, distorção e outras evidências de insuficiência e / ou o fixação insegura, defeito de acessórios visíveis.
 - b. Sistemas e componentes para a instalação correta, defeitos aparentes e operação satisfatória.
 - c. Portas de porões de carga, cilindros de gás, tanques de lastro, e respectivas peças para estado.

- 2 - Grupo de cabine e cockpit.
 - a. Geralmente, o estado de limpeza e material solto que devem ser asseguradas.
 - b. Bancos e cintos de segurança de estado e de segurança.
 - c. Janelas e esl-brisas para deterioração e ruptura.
 - d. Instrumentos para condição, montagem, marcação e (quando possível) para a operação adequada.
 - e. Controles de vôo e do motor para a instalação e funcionamento adequados.
 - f. Baterias para uma instalação adequada e responsável.
 - g. Todos os sistemas para a instalação correta, o estado geral, defeitos aparentes e de segurança do anexo.

- 3 - Grupo do motor e gôndola.
 - a. Mecanismo de seção para a evidência visual do excesso de óleo, combustível ou vazamentos hidráulicos, e as fontes de tais vazamentos.
 - b. Parafusos e porcas para bom torque e defeitos óbvios.
 - c. Parte externa do motor para a os cilindros de compressão e averiguação de partículas metálicas ou objetos estranhos nas telas e tampas de dreno. Se a compressão do cilindro é fraca, checar a condição interna inadequada e imprópria de acordo com as listas de tolerâncias internas previstas.
 - d. Montagem de motor para checagem de trincas, folgas na fixação do berço e folgas do motor durante a montagem.
 - e. Estado da flexibilidade dos amortecedores de vibração e sua deterioração.

- f. Os controles de defeitos do motor, checagem do curso apropriado, e segurança adequada de acordo com o previsto pelo fabricante.
- g. Linhas, mangueiras e braçadeiras para vazamentos, condição e frouxidão.
- h. Averiguação de trincas no escape, quando os propulsores forem a explosão, defeitos e fixação adequada.
- i. Defeitos aparentes de acessórios de segurança de montagem.
- j. Todos os sistemas para a instalação correta, defeitos estado geral e fixação segura.
- k. Carenagem para fissuras e defeitos.
- l. Análise e cheque funcional de todos os controles do grupo motor-propulsor e sistemas de resposta correta, além de todos os instrumentos para o correto funcionamento e indicação.

4 - Sistema de Trem de Pouso.

- a. Todas as unidades, para a condição de segurança e de fixação.
- b. Dispositivos de absorção de choque (pouso) para óleo fluido nível adequado.
- c. Braços do trem de pouso, treliças, e os membros com desgaste indevido ou excessivo, fadiga e distorção.
- d. Checagem do funcionamento correto do mecanismo de recolhimento e bloqueio do trem de pouso.
- e. Vazamento em linhas hidráulicas.
- f. Escoriações no sistema elétrico causados por objetos na pista e bom funcionamento dos interruptores.
- g. Checar se há rachaduras, defeitos e condições dos rolamentos.
- h. Desgaste excessivo na banda de rodagem e laterais dos pneus e cortes.
- i. Ajuste de freios apropriado.
- j. Fixação segura dos flutuadores e esquis e defeitos óbvios (no caso de hidroaviões).

5 - Asa e seção central.

- a. Estado e segurança de todos os componentes.
- b. Pintura e acabamentos em deterioração, distorção e outras evidências de insuficiência e / ou o fixação insegura, defeito de acessórios visíveis.

- c. Estrutura interna (longarinas, compressão das “costelas”), fendas, dobras e fixação segura.
 - d. Danos em superfícies móveis ou defeitos óbvios, pintura ou acabamento insatisfatórios.
 - e. Mecanismo de controle para a liberdade de movimento, alinhamento e segurança.
 - f. Cabos de controle com a tensão adequada, o desgaste dos cabos, encaminhamento através guias de cabos e polias, e checagem dos desgastes adequados destes.
- 6 - Grupo da estrutura de cauda da aeronave.
- a. Segurança das superfícies fixas, verificação de danos ou defeitos óbvios, parafusos soltos, e os componentes anexos.
 - b. Superfícies de controle móvel com danos ou defeitos óbvios, parafusos soltos, tecidos soltos, ou distorção da pintura.
 - c. Pintura com abrasão de materiais estranhos, rasgos, cortes ou defeitos, distorção e deterioração.
- 7 - Grupo de propulsão (hélice ou a jato).
- a. Montagem da hélice, fissuras, cortes, dobras e vazamento de óleo.
 - b. Parafusos com bom torque e fixados com segurança.
 - c. Funcionamento correto dos dispositivos anti-gelo, verificação da área de “ataque” das asas e defeitos óbvios.
 - d. Os mecanismos de controle para o funcionamento adequado, montagem segura e checagem visual geral.
- 8 - Grupo de comunicação e navegação.
- a. Rádio e equipamentos eletrônicos com a instalação correta e segura de sua montagem.
 - b. Checagem da fiação e condutores, encaminhamento adequado, segurança da montagem e defeitos óbvios.
 - c. Colagem e blindagem dos equipamentos com uma instalação adequada.
 - d. Condição das antenas, montagem e funcionamento.
- 9 - Diversos

- a. Equipamento de emergência e primeiros socorros, condições gerais e armazenamento apropriado.
- b. Inspeccionar paraquedas, botes salva-vidas, foguetes, e assim por diante, em conformidade com as recomendações do fabricante.
- c. Estado geral do sistema de piloto automático, a segurança do acesso e bom funcionamento.

APENDICE 4 – RELATÓRIOS DO SISTEMA AVIATION DATABASE

RELATÓRIOS DO SISTEMA

Relatório 01

Indexada por erro ergonômico-totais-sintetico

- * Total do conjunto-B1 : 3= 2.40%
B1 -
- * Total do conjunto-B1 B10B12: 2= 1.60%
B1 -
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B1 B10B14: 1= 0.80%
B1 -
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B14-Sobrecarga emocional e / ou cognitiva
- * Total do conjunto-B1 B11B12: 2= 1.60%
B1 -
B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B1 B12 : 31= 24.80%
B1 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B1 B2 B12: 8= 6.40%
B1 -
B2 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B1 B4 : 1= 0.80%
B1 -
B4 -
- * Total do conjunto-B1 B4 B12: 2= 1.60%
B1 -
B4 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B10B1 B12: 1= 0.80%
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B1 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B10B11B12: 5= 4.00%
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B10B12 : 7= 5.60%
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B11B10B12: 1= 0.80%
B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B11B12 : 4= 3.20%
B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B12 : 29= 23.20%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B12B09B10: 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B09-Erro de lideranca
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
- * Total do conjunto-B12B1 B2 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B1 -
B2 -
- * Total do conjunto-B12B10 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
- * Total do conjunto-B12B10B20: 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
- * Total do conjunto-B12B14 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B14-Sobrecarga emocional e / ou cognitiva
- * Total do conjunto-B12B16 : 2= 1.60%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B16-Instrumentos ou posicao deficiente
- * Total do conjunto-B12B18 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B18-Erro comunicacional
- * Total do conjunto-B12B19 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)
- * Total do conjunto-B12B20 : 2= 1.60%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
- * Total do conjunto-B18B12 : 1= 0.80%
B18-Erro comunicacional
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B19B12 : 1= 0.80%
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B1B12 : 1= 0.80%
B1B-
12 -

- * Total do conjunto-B2 B12 : 4= 3.20%
B2 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B20B10B12: 1= 0.80%
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B20B12B19: 1= 0.80%
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)

- * Total do conjunto-B4 B12 : 2= 1.60%
B4 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B4 B2 B12: 1= 0.80%
B4 -
B2 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B5 B12 : 1= 0.80%
B5 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B5 B7 B12: 1= 0.80%
B5 -
B7 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B6 B12B18: 1= 0.80%
B6 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B18-Erro comunicacional

- * Total do conjunto-B8 B12 : 1= 0.80%
B8 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B8 B4 : 1= 0.80%
B8 -
B4 -

Total registros= 125

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo
Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125
Nao houve = 102 ocorrencias - 81.60 %
A0 - Nenhuma acao errada cockpit
A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 6 ocorrencias - 4.80 %
A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperacao em perda
 A11 - Erro de procedimento
 A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 15 ocorrencias - 12.00 %
 A2 - Acao/julgamento-toque arremetido
 A3 - Falha de checagem/monitoracao
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC
 A8 - Erro de diagnostico
 A9 - Erro de meta
 A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)
 num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129

Nao houve = 102 ocorrencias- 81.60 %
 A0 - Nenhuma acao errada cockpit 90
 A14 - Problema que impede acao do piloto 12

erro SISTEMICO= 6 ocorrencias- 4.80 %
 A1 - Comandos errados 1
 A4 - Falha de recuperacao em perda 1
 A11 - Erro de procedimento 3
 A12 - Erro de acao 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrencias- 12.80 %
 A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 4
 A3 - Falha de checagem/monitoracao 8
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 1
 A7 - Erro de informacao 1
 A8 - Erro de diagnostico 2
 A9 - Erro de meta 0
 A10 - Erro de estrategia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4
 4 ocorrencias em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.78 %
 A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7
 7 ocorrencias em 125 = 5.60 %

Ocorrencias: com visibilidade 110 - 88.00 % sem visib.- 15 - 12.00 %

Relatório 02

Edicao indexada pela casualidade do acidente - analitico - codificado

Reg	fase voo	fabricante	referencia	exp	idade	tipo	visib
8	Aproximacao	VICKERS	F6A7A14B06B12B18C1I12	grande		N	
			Controle de trafego aereo e problemas de navegacao				
**	TOT.causa-	Controle de trafego aereo e problemas de navegacao			1=	0.80%	
15	Cruzeiro	DOUGLAS	F4A14B04B02B12C2I11	grande		S	
			Acidentes com carga/porta de carga/ dispositivos				
24	Cruzeiro	DOUGLAS	F4A14B12A0I11C2	grande		S	
			Acidentes com carga/porta de carga/ dispositivos				
**	TOT.causa-	Acidentes com carga/porta de carga/ dispositivos			2=	1.60%	
6	Aproximacao	SWARINGE	F6B05B12I10C4A11	grande		N	
			Fatores externos, graves prob.metereologicos, raio				
**	TOT.causa-	Fatores externos, graves prob.metereologicos, raio			1=	0.80%	
25	Cruzeiro	DOUGLAS	F4A14B12I8C5	grande		N	
			Tripulacao-Drogas,alc.,cond.mental,regul.,cansaco/fadiga				
**	TOT.causa-	Tripulacao-Drogas,alc.,cond.mental,regul.,cansaco/fadiga:			1=	0.80%	
27	Subida	DOUGLAS	F3A14B12B01I08I11C06	grande		S	
			Fogo no hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave				
33	Decolagem	BOEING	F2A0B2 B12I11C6	grande		S	
			Fogo no hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave				
57	Cruzeiro	AIRBUS 3	A0B2B12C6C8C9I5	S		S	
			Fogo no hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave				
**	TOT.causa-	Fogo no hangar/no solo, no ar, no interior da aeronave			3=	2.40%	
5	Subida	BOEING	AOF3B12I11C7	S 57	grande	S	
			Pouso/decolagem-erro veloc.,comand.travados,configuracao				
21	Cruzeiro	BELL	F4B12I11C7A0	helicopt		S	
			Pouso/decolagem-erro veloc.,comand.travados,configuracao				
119	Decolagem	SOCATA T	A0B12C7C8C17I5I12			S	
			Pouso/decolagem-erro veloc.,comand.travados,configuracao				
**	TOT.causa-	Pouso/decolagem-erro veloc.,comand.travados,configuracao:			3=	2.40%	
1	Subida	CESSNA	F3A0B12I5C8	N 45	pequeno	S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
3	Decolagem	BEECHCRA	F2A14B12I11C8	S 25	medio	S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
10	Decolagem	BOEING	F2A0B12I11C8	grande		N	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
16	Aproximacao	DOUGLAS	F6C8A8B10B11I8	grande		N	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
18	Subida	DOUGLAS	F3A14B12I11C8	grande		S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
19	Aproximacao	MARTIN	F6C8A14I8B12	medio		S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
20	Subida	CONVAIR	F3A14C8B12I8	grande		S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
22	Cruzeiro	BELL	F4B12B16I11C8A0	helicopt		S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
26	Subida	DOUGLAS	F3A0B12B10B01I08I11C18C6C8	S	grande	S	
			Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
28	Cruzeiro	EMBRAER	F4A0B1B12I8C8	S 45	medio	S	

	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
30	Descida EMBRAER F5A0B1B12I8C8	S	medio	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
31	Aproximacao BOEING F6A0C8I8B12	S	grande	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
32	Cruzeiro EMBRAER F4A0B12C8I8	S	medio	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
34	Cruzeiro AEROSPAC AOB1B2I8C8F4	S	37	pequeno	S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
35	Decolagem DOUGLAS F2A0B1B2B12I8C8	S	47	grande	S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
36	Descida LOCKHEED A0B12 B20 I11 C8	S	grande	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
37	Cruzeiro CESNA 31 A0F4B12I11C18		pequeno	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
39	Taxi PIPER PA A0B1C8	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
40	Subida CONVAIR A0B12C8C18I5I11	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
41	Cruzeiro A11A7B12 BOEING 757-236	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
42	Pouso FOKKER 2 A7B1B2B12C8	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
43	Pouso PIPER PA A0A7B1B12C8I5	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
44	Subida JABIRU, A3A5B12C7C8I5	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
45	Pouso EXTRA EZ A0B12C8I12	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
46	Pouso EXTRA EA A0B4B12C8B1	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
47	Decolagem EMBRAER A4A11B1B12C6C8I3I5				S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
48	Taxi DHC-6 TW A0B1B12B4C8I5	S	S		
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
49	Taxi BOEING 7 B1B10B12C8C16I10	S			
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
50	Cruzeiro CESSNA 5 A0B1B10B12C8B14C18I5I10				S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
51	Decolagem BOEING 7 A0B10B11B12C8I10B14	S			S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
52	Decolagem BOEING 7 A0B12B1C8I5	S	S		
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
53	Cruzeiro BAE-146- A0B1B4C8C17I5I11	S	S		
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
54	Taxi BAE SYST A0A7B2B12C8I5I11	S	S		
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
55	Decolagem AERONCA A0B1B12C8I5	N			S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
56	Descida AVRO-146 A0A14B1B4B12B11C8C9I5	N			S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
59	Cruzeiro ANTONOV A0B1B12C1C18I5	S			S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
60	Cruzeiro ANTONOV A0B1B12C8C18I5	S			S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
61	Cruzeiro ATR-72.2 A0A7B10B12C8C9C15I5I11				S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
62	Decolagem BEECHCRA A1A6B11B12C8I5I11				S
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
63	Descida BEECHCRA A0B12C8I5	S			

	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
64	Decolagem BEEHCRA A3B12B18C7C8C18I5I12	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
65	Decolagem BOEING 7 A0B1B12C8I11	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
66	Cruzeiro BOEING 7 AOB1B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
67	Subida CESSNA 2 A0B1B2B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
68	Cruzeiro CESSAN 2 A0B10B12C8I5I11	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
69	Cruzeiro CESSNA 2 A0B10B11B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
70	Decolagem CONVAIR A3B12B16C8I5I10	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
71	Cruzeiro CONVAIR A0B12C8I5I12	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
72	Decolagem CONVAIR A0B10B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
73	Subida CONVAIR A0B12C8C9I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
74	Cruzeiro CONVAIR A0B1B12C8C18I5I10	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
75	Decolagem CONVAIR A3A7A14B12B20C8C17I5I2	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
76	Cruzeiro CURTISS A0B12B1C8C18I5I12	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
77	Cruzeiro CURTIS C A14B12C8I9		
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
78	Descida CURTIS C A0B1B12C8C18I5I11	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
79	Aproximacao DE HAVIL A0B1B12C8C18I5I10	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
80	Pouso ROBINSON A0B10B11B12C7C8C18I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
81	Decolagem DOUGLAS A0B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
82	Pouso DOUGLAS A13B1C8	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
84	Decolagem DOUGLAS A0B12C8C9I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
85	Taxi DOUGLAS A0B12C8I5C6	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
86	Decolagem DOUGLAS A0B1B12C8I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
87	Descida DOUGLAS A2A4B8B12C8C7I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
88	Cruzeiro DOUGLAS A0B4B8C8C18I5	A	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
89	Decolagem DOUGLAS A0B10B12C8I5I12	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
90	Decolagem DOUGLAS A2B1B12C8I3I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
91	Decolagem DOUGLAS A0B11B12C8C9I5	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
92	Cruzeiro DOUGLAS A8B1B12C8C18I5	N	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
93	Cruzeiro DOUGLAS A0B1B11B12C8C18C12I5I12	S	
	Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes		
95	Subida DOUGLAS A0B12C8I5I12	S	

Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
96 Decolagem DOUGLAS	A0B10B12C8C18I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
97 Descida EMBRAER	A0B10B12C8C18I5I12		A	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
98 Pouso GRUMMAN	A0B10B11B12C8C18I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
100 Aproximacao LOCKHEED	A0B12C8C18C17I5I15		N	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
101 Pouso LOCKHEED	A0B12C8C18I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
102 Cruzeiro BOEING 7	A0B1B12C8C9C17I5I11I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
103 Subida BOEING 7	A0B1B12C8C17I5I11		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
104 Pouso PRIVATE	A0B1B12C8C17I5		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
105 Cruzeiro D6 800B	A3B2B1B12C8C17I5		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
106 Pouso GROB 611	A0B11B12C8C16I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
107 Pouso GROB 611	A0B11B12C8C16I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
109 Subida A0B1B12C	A0B1B12C8C18I5		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
110 Subida MOONEY A	A0B1B2B12C8C17I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
113 Decolagem PIPER PA	A0B1B2B12C8I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
114 Taxi PIPER PA	A0B1B12C8I5C18I10		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
115 Cruzeiro RANS 56-	A3B12C8C17I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
116 Cruzeiro A0B12C8C	A0B12C8C18I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
117 Pouso SHORTS S	A0B1B12C8C18I15I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
118 Cruzeiro SIAI MAR	A0B1B12C8I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
121 Cruzeiro YAK-50	A0B1B12C8C17I5I12		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
122 Cruzeiro VICKERS	A0B1B12C8I5		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
123 Aproximacao TUPOLEV	A0B1B2B12C8I5I11		S	S
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
124 Decolagem TUPOLEV	A2B2B12C8I5I15		S	
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
125 Subida SWEARING	A3C8C-B1B12I5		S	S
Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes				
** TOT.causa-Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componente: 94= 75.20%				
112 Pouso PIPER PA	A0B1B12C8C9I12I5		S	
Resultado- pouso de emergencia, perda de controle				
** TOT.causa-Resultado- pouso de emergencia, perda de controle : 1= 0.80%				
13 Decolagem DOUGLAS	F2A14B05B07B12I11C11C5		grande	N
Condicoes metereol.desfavoraveis/m visibilidade/noite				
** TOT.causa-Condicoes metereol.desfavoraveis/m visibilidade/noite : 1= 0.80%				
83 Cruzeiro DOUGLAS	A0B12C8B4C18I5		S	

Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 94 Cruzeiro DOUGLAS A0B1B10B11B12C8C18I5I12 S
 Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 99 Decolagem HAL/DORN A0B10B12C8C18I5I12 S
 Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 ** TOT.causa-Problemas corporativos-normas nao apropriadas : 3= 2.40%

7 Cruzeiro BOEING F4A0B18B12I11C12 grande S
 Acao terrorista,sequestros e passageiros- ataque,guerra
 ** TOT.causa-Acao terrorista,sequestros e passageiros- ataque,guerra: 1= 0.80%

108 Pouso GLASAIR A0B1B12C14I12 S
 Desconhecido- causas indeterminadas
 ** TOT.causa-Desconhecido- causas indeterminadas : 1= 0.80%

2 Decolagem BELL F2A7B19I8C15 S 50 helicopt S
 Desinformacao-componente instalado s/informaç. operacao
 ** TOT.causa-Desinformacao-componente instalado s/informaç. operacao: 1= 0.80%

12 Subida BOEING F3A0B19B12I12C16 grande N
 Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros
 14 Cruzeiro EMBRAER F4A6B20B12B19I11C16 grande S
 Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros
 17 Pouso VICKERS F7B12B10A14C16I12 medio S
 Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros
 23 Pouso BOEING F7A0B01B12I11C16 grande S
 Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros
 29 Cruzeiro AIRBUS F4A14B2B12I8C16 S grande N
 Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros
 ** TOT.causa-Imprevisivel-Falta avaliacao-situacoes que geram erros: 5= 4.00%

9 Aproximacao DOUGLAS F6A14B12I12C17 grande N
 Imprevisivel-Aval.errada-desinform-inform.errada/incomp
 11 Subida BOEING F3A3A14B12B20B10I12C17 grande N
 Imprevisivel-Aval.errada-desinform-inform.errada/incomp
 111 Decolagem PIPER PA A0B12B1C8C17I12 S
 Imprevisivel-Aval.errada-desinform-inform.errada/incomp
 120 Pouso SOCATA T A0B1B12C17I12 S
 Imprevisivel-Aval.errada-desinform-inform.errada/incomp
 ** TOT.causa-Imprevisivel-Aval.errada-desinform-inform.errada/incomp: 4= 3.20%

4 Subida AIRBUS F3A12B10B11I4C18 S 42 grande S
 Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 38 Cruzeiro CESSNA C A11B12B20B10I8C18 S
 Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 58 Decolagem ANTONOV A2A4B4B12C8C18I5 S
 Problemas corporativos-normas nao apropriadas
 ** TOT.causa-Problemas corporativos-normas nao apropriadas : 3= 2.40%

Total registros= 125

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo
 Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125

Nao houve = 102 ocorrencias - 81.60 %
 A0 - Nenhuma acao errada cockpit
 A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 6 ocorrencias - 4.80 %
 A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperacao em perda
 A11 - Erro de procedimento
 A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 15 ocorrencias - 12.00 %
 A2 - Acao/julgamento-toque arremetido
 A3 - Falha de checagem/monitoracao
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC
 A8 - Erro de diagnostico
 A9 - Erro de meta
 A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)
 num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129

Nao houve = 102 ocorrencias- 81.60 %
 A0 - Nenhuma acao errada cockpit 90
 A14 - Problema que impede acao do piloto 12

erro SISTEMICO= 6 ocorrencias- 4.80 %
 A1 - Comandos errados 1
 A4 - Falha de recuperacao em perda 1
 A11 - Erro de procedimento 3
 A12 - Erro de acao 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrencias- 12.80 %
 A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 4
 A3 - Falha de checagem/monitoracao 8
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 1
 A7 - Erro de informacao 1
 A8 - Erro de diagnostico 2
 A9 - Erro de meta 0
 A10 - Erro de estrategia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4
 4 ocorrencias em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.78 %
 A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7
 7 ocorrencias em 125 = 5.60 %

Ocorrencias: com visibilidade 110 - 88.00 % sem visib.- 15 - 12.00 %

Relatório 03

Correlacao de indices - componentes com indicios ergonomicos

CORRELACIONA indicio ergonomico B12 com

Total registros= 125

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125

Nao houve = 102 ocorrencias - 81.60 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit

A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 6 ocorrencias - 4.80 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperacao em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 15 ocorrencias - 12.00 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoracao

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnostico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 1 ocorrencias - 0.80 %

A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias - 0.80 %

A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129

Nao houve = 102 ocorrencias- 81.60 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit 90

A14 - Problema que impede acao do piloto 12

erro SISTEMICO= 6 ocorrencias- 4.80 %

A1 - Comandos errados 1

A4 - Falha de recuperacao em perda 1

A11 - Erro de procedimento 3

A12 - Erro de acao 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrencias- 12.80 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 4

A3 - Falha de checagem/monitoracao 8

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 1

A7 - Erro de informacao 1

A8 - Erro de diagnostico 2

A9 - Erro de meta 0

A10 - Erro de estrategia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4

4 ocorrencias em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra

4 ocorrencias em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.78 %

A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4

4 ocorrencias em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7

7 ocorrencias em 125 = 5.60 %

Ocorrencias: com visibilidade 110 - 88.00 % sem visib.- 15 - 12.00 %

Relatório 04

Indexada por erro ergonômico-totais-sintético - aberta por fatores ergonômicos B12 *

Tot-Erro mecânico/manutenção falha dispositivos/instrument:118=100.00%

Total registros= 118

Totais por focos de análise - Núcleo do algoritmo

Componentes por cada estágio de erro no cockpit (Nigel) 118

Não houve = 97 ocorrências - 82.20 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit

A14 - Problema que impede ação do piloto

Erro de Ação = 5 ocorrências - 4.24 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperação em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de ação

Erro de decisão= 15 ocorrências - 12.71 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoração

A5 - Mal julgamento cond.meteorológicas

A6 - Mal julgamento.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnóstico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estratégia

Erro de informação = 1 ocorrência - 0.85 %

A7 - Erro de informação

Erro a avaliar ou sem avaliação = 0 ocorrências - 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulação

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados -118 incluindo aeromédicos-122

Não houve = 97 ocorrências- 82.20 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit 85

A14 - Problema que impede ação do piloto 12

erro SISTÊMICO= 5 ocorrências- 4.24 %

A1 - Comandos errados 1

A4 - Falha de recuperação em perda 0

A11 - Erro de procedimento 3

A12 - Erro de ação 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrências- 13.56 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido 4

A3 - Falha de checagem/monitoração 8

A5 - Mal julgamento cond.meteorológicas 0

A6 - Mal julgamento.altit.visib.DESORIENTC 1

A7 - Erro de informação 1

A8 - Erro de diagnóstico 2

A9 - Erro de meta 0

A10 - Erro de estratégia 0

Influência AEROMÉDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4

4 ocorrencias em 122 = 3.28 % -> incluindo componente A15 na amostra

4 ocorrencias em 118 = 3.39 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 0 ocorrencias- 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulacao 0

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4

4 ocorrencias em 118 = 3.39 %

Vetor trabalho: 7

7 ocorrencias em 118 = 5.93 %

Ocorrencias: com visibilidade 104 - 88.14 % sem visib.- 14 - 11.86 %

Relatório 05

Correlacao de indices - componentes com indicios ergonomicos CORRELACIONA indicio ergonomico B12 com fase do voo: F2

****Instalacao mal feita no ajuste do profundor**

Descricao: Falha manutencao-controle profundor errado-perda de controle de cabragem durante decolagem

Codigo- 3 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-BEECHCRA Tipo-medio Piloto experiente(S/N)-S idade-25

Indicios de cadeia de erros (FAA):

I11-Solucoes nao previstas operacionalmente

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indicios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

-->Sem participaçãodireta do piloto

****falencia total de instrumentos, gerador e motor queda**

Descricao: gerador inoperante- fogo motor na decolagem-falha geral equipamento-desorientacao- queda- noite

Codigo- 10 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Vetor trabalho: () saude: ()

Fabric.-BOEING Tipo-grande Piloto experiente(S/N)- idade-

Indicios de cadeia de erros (FAA):

I11-Solucoes nao previstas operacionalmente

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: () saude: ()

Indicios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

-->Sem participaçãodireta do piloto

****Devido erro manut, cabos elevador nao foram inst corretamente**

Descricao: Devido erro manut, cabos elevador nao foram inst corretamente,nao houve ck list, gerou falta de controle e queda aeron

Codigo- 64 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A3 -Falha de checagem/monitorac

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-BEECHCRA Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indicios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indicios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

B18-Erro comunicacional

-->Sem participaçãodireta do piloto

****Erro na montagem do elevador de trim durante manutencao**

Descricao: Erro na montagem do elevador de trim durante manutencao e falta de checagem pela tripulacao

Codigo- 70 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A3 -Falha de checagem/monitorac

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-CONVAIR Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

B16-Instrumentos ou posicao deficiente

-->Sem participaçãodireta do piloto

****Montagem invertida dos cabos do elevador causou a queda.**

Descricao: Montagem invertida dos cabos do elevador causou a queda da aeronave apos um Check "C".

Codigo- 75 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A3 -Falha de checagem/monitorac

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-CONVAIR Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)

-->Sem participação direta do piloto

****Montagem invertida do elev. apos decol. a aeronave caiu**

Descricao: Montagem invertida do elev. apos decol. a aeronave caiu

Codigo- 81 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-DOUGLAS Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrumento

-->Sem participaçãodireta do piloto

****Durante decol. aer. guinou p dir. devido falha no aileron**

Descricao: Durante decol. aer. guinou p dir. devido falha no aileron

Codigo- 84 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-DOUGLAS Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

-->Sem participaçãodireta do piloto

****Na decol. aeron. n alcanca vel. sufic. por erro de manut.**

Descricao: Na decol. aeron. n alcanca vel. sufic. por erro de manut. no ajuste de entr. de ar do carburador, causando falha no moto

Codigo-119 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Fabric.-SOCATA T Tipo- Piloto experiente(S/N)- idade-

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C7 -Pouso/decolagem-erro veloc.,comand.travados,configuracao

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonomicos:

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

-->Sem participaçãodireta do piloto

Total registros= 8

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 8

Nao houve = 5 ocorrencias - 62.50 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit

A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 0 ocorrencias - 0.00 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperacao em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 3 ocorrencias - 37.50 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoracao

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnostico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 0 ocorrencias - 0.00 %

A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 0 ocorrencias - 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados - 8 incluindo aeromedicos- 8

Nao houve = 5 ocorrencias- 62.50 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit 5

A14 - Problema que impede acao do piloto 0

erro SISTEMICO= 0 ocorrencias- 0.00 %

A1 - Comandos errados 0

A4 - Falha de recuperacao em perda 0

A11 - Erro de procedimento 0

A12 - Erro de acao 0

Erro COGNITIVO= 3 ocorrencias- 37.50 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 0

A3 - Falha de checagem/monitoracao 3

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 0

A7 - Erro de informacao 0

A8 - Erro de diagnostico 0

A9 - Erro de meta 0

A10 - Erro de estrategia 0

· Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 0

0 ocorrencias em 8 = 0.00 % -> incluindo componente A15 na amostra

0 ocorrencias em 8 = 0.00 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 0 ocorrencias- 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulacao 0

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 0

0 ocorrencias em 8 = 0.00 %

Vetor trabalho: 0

0 ocorrencias em 8 = 0.00 %

Ocorrencias: com visibilidade 7 - 87.50 % sem visib.- 1 - 12.50 %

Relatório 06

Indexada por erro ergonômico-totais-sintético

Total do conjunto-B1 : 3= 2.40%

B1 -

* Total do conjunto-B1 B10B12: 2= 1.60%

B1 -

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B1 B10B14: 1= 0.80%

B1 -

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B14-Sobrecarga emocional e / ou cognitiva

* Total do conjunto-B1 B11B12: 2= 1.60%

B1 -

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B1 B12 : 31= 24.80%

B1 -

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B1 B2 B12: 8= 6.40%

B1 -

B2 -

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B1 B4 : 1= 0.80%

B1 -

B4 -

* Total do conjunto-B1 B4 B12: 2= 1.60%

B1 -

B4 -

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B10B1 B12: 1= 0.80%

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B1 -

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B10B11B12: 5= 4.00%

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B10B12 : 7= 5.60%

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B11B10B12: 1= 0.80%

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

- * Total do conjunto-B11B12 : 4= 3.20%
B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B12 : 29= 23.20%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B12B09B10: 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B09-Erro de lideranca
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
- * Total do conjunto-B12B1 B2 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B1 -
B2 -
- * Total do conjunto-B12B10 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
- * Total do conjunto-B12B10B20: 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
- * Total do conjunto-B12B14 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B14-Sobrecarga emocional e / ou cognitiva
- * Total do conjunto-B12B16 : 2= 1.60%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B16-Instrumentos ou posicao deficiente
- * Total do conjunto-B12B18 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B18-Erro comunicacional
- * Total do conjunto-B12B19 : 1= 0.80%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)
- * Total do conjunto-B12B20 : 2= 1.60%
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
- * Total do conjunto-B18B12 : 1= 0.80%
B18-Erro comunicacional
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B19B12 : 1= 0.80%
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
- * Total do conjunto-B1B12 : 1= 0.80%
B1B-
12 -
- * Total do conjunto-B2 B12 : 4= 3.20%

B2 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B20B10B12: 1= 0.80%
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
B10-Probl.capacitacao(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B20B12B19: 1= 0.80%
B20-Erro coletivo (cockpit e/ou corporativo)
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B19-Erro informacao(chega ao piloto- cockpit ou exterior)

* Total do conjunto-B4 B12 : 2= 1.60%
B4 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B4 B2 B12: 1= 0.80%
B4 -
B2 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B5 B12 : 1= 0.80%
B5 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B5 B7 B12: 1= 0.80%
B5 -
B7 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B6 B12B18: 1= 0.80%
B6 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument
B18-Erro comunicacional

* Total do conjunto-B8 B12 : 1= 0.80%
B8 -
B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

* Total do conjunto-B8 B4 : 1= 0.80%
B8 -
B4 -

Total registros= 125

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo
Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125

Nao houve = 102 ocorrencias - 81.60 %
A0 - Nenhuma acao errada cockpit
A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 6 ocorrencias - 4.80 %
A1 - Comandos errados
A4 - Falha de recuperacao em perda
A11 - Erro de procedimento
A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 15 ocorrencias - 12.00 %
A2 - Acao/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoracao
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC
 A8 - Erro de diagnostico
 A9 - Erro de meta
 A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias - 0.80 %
 A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)
 num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129

Nao houve = 102 ocorrencias- 81.60 %
 A0 - Nenhuma acao errada cockpit 90
 A14 - Problema que impede acao do piloto 12

erro SISTEMICO= 6 ocorrencias- 4.80 %
 A1 - Comandos errados 1
 A4 - Falha de recuperacao em perda 1
 A11 - Erro de procedimento 3
 A12 - Erro de acao 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrencias- 12.80 %
 A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 4
 A3 - Falha de checagem/monitoracao 8
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 1
 A7 - Erro de informacao 1
 A8 - Erro de diagnostico 2
 A9 - Erro de meta 0
 A10 - Erro de estrategia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4
 4 ocorrencias em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.78 %
 A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4
 4 ocorrencias em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7
 7 ocorrencias em 125 = 5.60 %

* * * *

Ocorrencias: com visibilidade 112 - 89.60 % sem visib.- 13 - 10.40 %

Relatório 07

Indícios ergonômicos-registo todo decodificado

16 Aproximacao-Erro de diagnostico DOUGLAS grande

**erro diagnostico-descida ate choque solo-ma'visibilidade

Descricao: erro diagnostico-descida ate choque solo-ma'visibilidade ou falha manutencao do ILS

Codigo- 16 Fase-Aproximacao Ocorrencia cockpit-A8 -Erro de diagnostico

Fabric.-DOUGLAS Tipo-grande Piloto experiente(S/N)- idade-

Visibilidade : N Data acidente :15/11/1978

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I8 -Incapacidade de atingir objetivos

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: () saude: ()

Indícios ergonômicos:

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B10-Probl.capacidade(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

---> SEM participacao direta do piloto

* Total do conjunto-B11B10B12: 1= 20.00%

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B10-Probl.capacidade(erro/desconhec/precipit/neglig.acao)

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

62 Decolagem -Comandos errados BEEHCRA pequeno

**Durante decol por erro de ajustes do elevador, a aerov caiu

Descricao: Durante decol por erro de ajustes do elevador, a aerov caiu devido a erro na mont dos cabos do elevador.

Codigo- 62 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A1 -Comandos errados

Fabric.-BEEHCRA Tipo-pequeno Piloto experiente(S/N)- idade-

Visibilidade : S Data acidente :10/02/1978

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonômicos:

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

---> SEM participacao direta do piloto

91 Decolagem -Comandos errados DOUGLAS pequeno

**Apos rev. geral no voo de teste,aeron. cai dev. erro aileron

Descricao: Apos rev. geral no voo de teste,aeron. cai dev. erro montagem do aileron.

Codigo- 91 Fase-Decolagem Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Fabric.-DOUGLAS Tipo-medio Piloto experiente(S/N)- idade-

Visibilidade : S Data acidente :29/06/1953

Indícios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indícios ergonômicos:

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

---> SEM participacao direta do piloto

106 Decolagem -Nenhuma acao errada cockpit GROB 611 medio

**Devido instal. errada tubo desliz. trem pouso quebrou pouso

Descricao: Devido instal. errada tubo desliz. trem pouso quebrou apos tocar a pista

Codigo-106 Fase-Pouso Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Fabric.-GROB 611 Tipo-pequeno Piloto experiente(S/N)- idade-

Visibilidade : S Data acidente :24/05/2007

Indicios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indicios ergonomicos:

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

---> SEM participacao direta do piloto

107 Pouso -Nenhuma acao errada cockpit GROB 611 pequeno

**Devido erro montag. trem pouso quebrou apor toque na pista

Descricao: Devido erro montag. trem pouso quebrou apos toque na pista

Codigo-107 Fase-Pouso Ocorrencia cockpit-A0 -Nenhuma acao errada cockpit

Fabric.-GROB 611 Tipo-pequeno Piloto experiente(S/N)- idade-

Visibilidade : S Data acidente :03/11/2005

Indicios de cadeia de erros (FAA):

I5 -Procedimentos Irregulares/ mal elaborados

Causalidade (CENIPA):

C8 -Manutencao-falha de diretivas,instalac.errada componentes

Vetor trabalho: (nao) saude (nao)

Indicios ergonomicos:

B11-Treinamento inapropriado /Treinamento deficiente

B12-Erro mecanico/manutencao falha dispositivos/instrument

---> SEM participacao direta do piloto

Total registros= 5

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 5

Nao houve = 3 ocorrencias - 60.00 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit

A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 1 ocorrencias - 20.00 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperacao em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 1 ocorrencias - 20.00 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoracao

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnostico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 0 ocorrencias - 0.00 %

A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 0 ocorrencias - 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)
num registros selecionados - 5 incluindo aeromedicos- 5

Nao houve = 3 ocorrencias- 60.00 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit 3

A14 - Problema que impede acao do piloto 0

erro SISTEMICO= 1 ocorrencias- 20.00 %

A1 - Comandos errados 1

A4 - Falha de recuperacao em perda 0

A11 - Erro de procedimento 0

A12 - Erro de acao 0

Erro COGNITIVO= 1 ocorrencias- 20.00 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido 0

A3 - Falha de checagem/monitoracao 0

A5 - Mal julgamento cond.metereologicas 0

A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC 0

A7 - Erro de informacao 0

A8 - Erro de diagnostico 1

A9 - Erro de meta 0

A10 - Erro de estrategia 0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 0

0 ocorrencias em 5 = 0.00 % -> incluindo componente A15 na amostra

0 ocorrencias em 5 = 0.00 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 0 ocorrencias- 0.00 %

A13 - Outros erros da tripulacao 0

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 0

0 ocorrencias em 5 = 0.00 %

Vetor trabalho: 0

0 ocorrencias em 5 = 0.00 %

Ocorrencias: com visibilidade 4 - 80.00 % sem visib.- 1 - 20.00 %

Relatório 08

Edicao indexada por porte da aeronave - sintetico

Total porte pequeno : 2 perc s/total= 1.60 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte grande : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte pequeno : 2 perc s/total= 1.60 %
 Total porte medio : 3 perc s/total= 2.40 %
 Total porte grande : 3 perc s/total= 2.40 %
 Total porte medio : 3 perc s/total= 2.40 %
 Total porte grande : 4 perc s/total= 3.20 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte grande : 2 perc s/total= 1.60 %
 Total porte pequeno : 3 perc s/total= 2.40 %
 Total porte medio : 22 perc s/total= 17.60 %
 Total porte grande : 4 perc s/total= 3.20 %
 Total porte medio : 2 perc s/total= 1.60 %
 Total porte grande : 5 perc s/total= 4.00 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte grande : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte grande : 25 perc s/total= 20.00 %
 Total porte helicopt: 3 perc s/total= 2.40 %
 Total porte medio : 6 perc s/total= 4.80 %
 Total porte pequeno : 8 perc s/total= 6.40 %
 Total porte helicopt: 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte medio : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte helicopt: 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte pequeno : 16 perc s/total= 12.80 %
 Total porte grande : 1 perc s/total= 0.80 %
 Total porte pequeno : 1 perc s/total= 0.80 %

Total registros= 125

Relatório 09

Edicao indexada por ocorrencia no cockpit - sintetico

TOTAL de Nenhuma acao errada cockpit : 90 perc s/total= 72.00 %
 TOTAL de Comandos errados : 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Acao/julgamento-toque arremetido : 4 perc s/total= 3.20 %
 TOTAL de Falha de checagem/monitoracao : 8 perc s/total= 6.40 %
 TOTAL de Falha de recuperacao em perda : 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC: 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Erro de informacao : 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Erro de diagnostico : 2 perc s/total= 1.60 %
 TOTAL de Erro de procedimento : 3 perc s/total= 2.40 %
 TOTAL de Erro de acao : 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Outros erros da tripulacao : 1 perc s/total= 0.80 %
 TOTAL de Problema que impede acao do piloto: 12 perc s/total= 9.60 %

Total registros= 125

Totais por focos de analise - Nucleo do algoritmo

Componentes por cada estagio de erro no cockpit (Nigel) 125

Nao houve = 102 ocorrencias - 81.60 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit
 A14 - Problema que impede acao do piloto

Erro de Acao = 6 ocorrencias - 4.80 %

A1 - Comandos errados
 A4 - Falha de recuperacao em perda
 A11 - Erro de procedimento
 A12 - Erro de acao

Erro de decisao= 15 ocorrencias - 12.00 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido
 A3 - Falha de checagem/monitoracao
 A5 - Mal julgamento cond.metereologicas
 A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC
 A8 - Erro de diagnostico
 A9 - Erro de meta
 A10 - Erro de estrategia

Erro de informacao = 1 ocorrencias - 0.80 %

A7 - Erro de informacao

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias - 0.80 %

A13 - Outros erros da tripulacao

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados -125 incluindo aeromedicos-129

Nao houve = 102 ocorrencias- 81.60 %

A0 - Nenhuma acao errada cockpit 90
 A14 - Problema que impede acao do piloto 12

erro SISTEMICO= 6 ocorrencias- 4.80 %

A1 - Comandos errados 1
 A4 - Falha de recuperacao em perda 1
 A11 - Erro de procedimento 3
 A12 - Erro de acao 1

Erro COGNITIVO= 16 ocorrencias- 12.80 %

A2 - Acao/julgamento-toque arremetido	4
A3 - Falha de checagem/monitoracao	8
A5 - Mal julgamento cond.metereologicas	0
A6 - Mal julgmtto.altit.visib.DESORIENTC	1
A7 - Erro de informacao	1
A8 - Erro de diagnostico	2
A9 - Erro de meta	0
A10 - Erro de estrategia	0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4

4 ocorrencias em 129 = 3.10 % -> incluindo componente A15 na amostra

4 ocorrencias em 125 = 3.20 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.78 %

A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4

4 ocorrencias em 125 = 3.20 %

Vetor trabalho: 7

7 ocorrencias em 125 = 5.60 %

Ocorrencias: com visibilidade 110 - 88.00 % sem visib.- 15 - 12.00 %

Relatório 10

Indexada por erro ergonômico-totais-sintético - aberta por fatores ergonômicos

B1 * Tot- : 52= 28.26%

B12 * Tot-Erro mecânico/manutenção falha dispositivos/instrument:118= 64.13%

B2 * Tot- : 14= 7.61%

Total registros= 184

Totais por focos de análise - Núcleo do algoritmo

Componentes por cada estágio de erro no cockpit (Nigel) 184

Não houve = 155 ocorrências - 84.24 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit

A14 - Problema que impede ação do piloto

Erro de Ação = 6 ocorrências - 3.26 %

A1 - Comandos errados

A4 - Falha de recuperação em perda

A11 - Erro de procedimento

A12 - Erro de ação

Erro de decisão= 21 ocorrências - 11.41 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido

A3 - Falha de checagem/monitoração

A5 - Mal julgamento cond.meteorológicas

A6 - Mal julgamento.altit.visib.DESORIENTC

A8 - Erro de diagnóstico

A9 - Erro de meta

A10 - Erro de estratégia

Erro de informação = 1 ocorrência - 0.54 %

A7 - Erro de informação

Erro a avaliar ou sem avaliação = 1 ocorrência - 0.54 %

A13 - Outros erros da tripulação

Componentes por perspectiva de erro no cockpit (segundo Dekker)

num registros selecionados -184 incluindo aeromédicos-188

Não houve = 155 ocorrências- 84.24 %

A0 - Nenhuma ação errada cockpit 139

A14 - Problema que impede ação do piloto 16

erro SISTEMICO= 6 ocorrências- 3.26 %

A1 - Comandos errados 1

A4 - Falha de recuperação em perda 0

A11 - Erro de procedimento 3

A12 - Erro de ação 2

Erro COGNITIVO= 22 ocorrências- 11.96 %

A2 - Ação/julgamento-toque arremetido 6

A3 - Falha de checagem/monitoração 11

A5 - Mal julgamento cond.meteorológicas 0

A6 - Mal julgamento.altit.visib.DESORIENTC 1

A7 - Erro de informação 1

A8 - Erro de diagnostico	3
A9 - Erro de meta	0
A10 - Erro de estrategia	0

Influencia AEROMEDICA/PSICOSOCIAL na amostra:

A15- origem aeromedica/psicosocial 4

4 ocorrencias em 188 = 2.13 % -> incluindo componente A15 na amostra

4 ocorrencias em 184 = 2.17 % -> excluindo componente A15 na amostra

Erro a avaliar ou sem avaliacao = 1 ocorrencias- 0.53 %

A13 - Outros erros da tripulacao 1

Vetores trabalho e agravos de saude na amostra:

vetor saude: 4

4 ocorrencias em 184 = 2.17 %

Vetor trabalho: 9

9 ocorrencias em 184 = 4.89 %

Ocorrencias: com visibilidade 167 - 90.76 % sem visib.- 17 - 9.24 %

Relatório 11

Edicao indexada por fase do voo analitico - codificado

Reg fase voo detalhe referencia tipo visibilid

39 Taxi	PIPER PA-31-350	A0B1C8	CM S
48 Taxi	DHC-6 TWIN OTHER SERIES	A0B1B12B4C8I5	CM S
49 Taxi	BOEING 747-136	B1B10B12C8C16I10	CM S
54 Taxi	BAE SYSTEM JET STREAM 4	A0A7B2B12C8I5I11	PR S
85 Taxi	DOUGLAS C-47A-70-DL	A0B12C8I5C6	CM S
114 Taxi	PIPER PA 38.112	A0B1B12C8I5C11I10	PR S
total Taxi : 6 perc s/total= 4.80 %			

2 Decolagem	BELL 204 (UH-1E)	F2A7B19I8C15	H S
3 Decolagem	BEECHCRAFT 100D	F2A14B12I11C8	M S
10 Decolagem	BOEING 727- 22-C	F2A0B12I11C8	G N
13 Decolagem	DOUGLAS DC-4 1009	F2A14B05B07B12I11C11C5	G N
33 Decolagem	BOEING 767-241	F2A0B2 B12I11C6	G S
35 Decolagem	DOUGLAS DC-10-10	F2A0B1B2B12I8C8	G S
47 Decolagem	EMBRAER 110P1 BANDEIRAN	A4A11B1B12C6C8I3I5	CM S
51 Decolagem	BOEING 757-236	A0B10B11B12C8I10B14	CM S
52 Decolagem	BOEING 757-200 APF	A0B12B1C8I5	CM S
55 Decolagem	AERONCA 7AC CHAMPION	A0B1B12C8I5	CM S
58 Decolagem	ANTONOV 2P	A2A4B4B12C8C11I5C18	CM S
62 Decolagem	BEECHCRAFT 99	A1A6B11B12C8I5I11	PR S
64 Decolagem	BEECHCRAFT 1900D	A3B12B18C7C8C18I5I12	PR S
65 Decolagem	BOEING 737-232	A0B1B12C8I11	CM S
70 Decolagem	CONVAIR 580	A3B12B16C8I5I10	CM S
72 Decolagem	CONVAIR CV-240-1	A0B10B12C8I5	CM S
75 Decolagem	CONVAIR CV-580	A3A7A14B12B20C8C17I5I12	CM S
81 Decolagem	DOUGLAS C-47	A0B12C8I5	CM S
84 Decolagem	DOUGLAS C-47A-35-DL	A0B12C8C9I5	CM S
86 Decolagem	DOUGLAS C-47A-90-DL DC3	A0B1B12C8I5	CM S
89 Decolagem	DOUGLAS C-124-C GLOBEMA	A0B10B12C8I5I12	CM S
90 Decolagem	DOUGLAS DC-3-277C	A2B1B12C8I3I5	CM S
91 Decolagem	DOUGLAS DC-3A	A0B11B12C8C9I5	CM S
96 Decolagem	DOUGLAS YC-112A-DO DC-6	A0B10B12C8C18I5I12	CM S
99 Decolagem	HAL/DORNIER 228-201	A0B10B12C8C11C18I5I12	CM S
111 Decolagem	PIPER PA-23.250 A2TEC	A0B12B1C8C17I12	PR S
113 Decolagem	PIPER PA-28.181 CHEROKE	A0B1B2B12C8I5I12	PR S
119 Decolagem	SOCATA TB10 TOGAGO	A0B12C7C8C17I5I12	PR S
124 Decolagem	TUPOLEV 134SKH	A2B2B12C8I5I15	PR S
total Decolagem : 29 perc s/total= 23.20 %			

1 Subida	CESSNA T188C AGRICOL	F3A0B12I5C8	P S
4 Subida	AIRBUS A300-605 R	F3A12B10B114C11	G S
5 Subida	BOEING 767-336 ER	A0F3B12I11C7	G S
11 Subida	BOEING 707- 344 C	F3A3A14B12B20B10I12C17	G N
12 Subida	BOEING 747-237	F3A0B19B12I12C16	G N
18 Subida	DOUGLAS DC-3	F3A14B12I11C8	G S
20 Subida	CONVAIR 240	F3A14C8B12I8	G S
26 Subida	DOUGLAS DC-9	F3A0B12B10B01I08I11C18C6C8	G S
27 Subida	DOUGLAS DC-6	F3A14B12B01I08I11C06	G S
40 Subida	CONVAIR CV-340-70	A0B12C8C18I5I11	CM S
44 Subida	JABIRU, SK	A3A5B12C7C8I5	CM S
67 Subida	CESSNA 208 CARAVAN 1	A0B1B2B12C8I5	CM S
73 Subida	CONVAIR CV-340-35	A0B12C8C9I5	CM S

95 Subida	DOUGLAS DC-8-33	A0B12C8I5I12	CM S
103 Subida	BOEING 747-200	A0B1B12C8C17I5I11	CM S
109 Subida	A0B1B12C8C11C18I5	BOEING 777-236B	CM S
110 Subida	MOONEY AIRCRAFT M20J	A0B1B2B12C8C17I12	PR S
125 Subida	SWEARINGEN SA.227AC	MET A3C8C-B1B12I5	PR S
total Subida	: 18 perc s/total= 14.40 %		

7 Cruzeiro	BOEING 747-230	F4A0B18B12I11C12	G S
14 Cruzeiro	EMBRAER BRASILIA 1	F4A6B20B12B19I11C16	G S
15 Cruzeiro	DOUGLAS DC-10-10	F4A14B04B02B12C2I11	G S
21 Cruzeiro	BELL 212	F4B12I11C7A0	H S
22 Cruzeiro	BELL 212	F4B12B16I11C8A0	H S
24 Cruzeiro	DOUGLAS DC-6	F4A14B12A0I11C2	G S
25 Cruzeiro	DOUGLAS C-54	F4A14B12I8C5	G N
28 Cruzeiro	EMBRAER AMB 120	F4A0B1B12I8C8	M S
29 Cruzeiro	AIRBUS 330-203	F4A14B2B12I8C16	G N
32 Cruzeiro	EMBRAER EMB-110	F4A0B12C8I8	M S
34 Cruzeiro	AEROSPACE FU24-950	A0B1B2I8C8F4	P S
37 Cruzeiro	CESNA 310	A0F4B12I11C18	P S
38 Cruzeiro	CESSNA CITATION 500	A11B12B20B10I8C18	A1 S
41 Cruzeiro	A11A7B12B9B10B18B19B20C	BOEING 757-236	CM S
50 Cruzeiro	CESSNA 560 XL CITATION	A0B1B10B12C8B14C11I5I10	PR S
53 Cruzeiro	BAE-146-300	A0B1B4C8C17I5I11	CM S
57 Cruzeiro	AIRBUS 330-243	A0B2B12C6C8C9I5	CM S
59 Cruzeiro	ANTONOV 24RV	A0B1B12C8C11C18I5	CM S
60 Cruzeiro	ANTONOV 24RV	A0B1B12C8C11I5	CM S
61 Cruzeiro	ATR-72.202	AOA7B10B12C8C9C15I5I11	CM S
66 Cruzeiro	BOEING 747-209B	A0B1B12C8I5	CM S
68 Cruzeiro	CESSNA 208A CARAVAN 1	A0B10B12C8I5I11	CM S
69 Cruzeiro	CESSNA 208B CARAVAN 1	A0B10B11B12C8I5	CM S
71 Cruzeiro	CONVAIR CV-240-0	A0B12C8I5I12	CM S
74 Cruzeiro	CONVAIR CV-850	A0B1B12C8C11C18I5I10	CM S
76 Cruzeiro	CURTISS C-46A-50CU-COMM	A0B12B1C8C18I5I12	CM S
77 Cruzeiro	CURTIS C-46F-1-CU	COMMA A14B12C8I9	CM
83 Cruzeiro	DOUGLAS C-47A-15-DK	A0B12C8C11B4C18I5	CM S
88 Cruzeiro	DOUGLAS C-47-DL	A0B4B8C8C11C18I5	CM A
92 Cruzeiro	DOUGLAS DC-3C -47A-90-D	A8B1B12C8C11C18I5	CM N
93 Cruzeiro	DOUGLAS DC-6	A0B1B11B12C8C11C12I5I12	CM S
94 Cruzeiro	DOUGLAS DC-7CE	A0B1B10B11B12C8C11C18I5I12	CM S
102 Cruzeiro	BOEING 747SR-46	A0B1B12C8C9C17I5I11I12	CM S
105 Cruzeiro	D6 800B	A3B2B1B12C8C17I5	PR S
115 Cruzeiro	RANS 56-ES COYOTE 11	A3B12C8C17I5I12	PR S
116 Cruzeiro	A0B12C8C11C18I5I12	ROCKWELL COMMANDER 114	PR S
118 Cruzeiro	SIAMARCHETTI F260C	A0B1B12C8I5I12	PR S
121 Cruzeiro	YAK-50	A0B1B12C8C17I5I12	PR S
122 Cruzeiro	VICKERS 732 VISCOUNT	A0B1B12C8I5	CM S
total Cruzeiro	: 39 perc s/total= 31.20 %		

30 Descida	EMBRAER EMB-110	F5A0B1B12I8C8	M S
36 Descida	LOCKHEED L-1011	A0B12 B20 I11 C8	G S
56 Descida	AVRO-146-RJ100	A0A14B1B4B12B11C8C9I5	CM S
63 Descida	BEECHCRAFT 99A	A0B12C8I5	PR S
78 Descida	CURTIS C-46F-1-CV	COMMA A0B1B12C8C18I5I11	CM S
87 Descida	DOUGLAS C-47B-45-DR	DC3 A2A4B8B12C8C7I5	CM S
97 Descida	EMBRAER 120RT BRASILIA	A0B10B12C8C11C18I5I12	CM A
total Descida	: 7 perc s/total= 5.60 %		

6 Aproximacao	SWARINGER SA226 G	F6B05B12I10C4A11	G N
8 Aproximacao	VICKERS VANGUARD	F6A7A14B06B12B18C11I2	G N
9 Aproximacao	DOUGLAS DC-8 CARGO	F6A14B12I12C17	G N

16 Aproximacao	DOUGLAS DC-8	F6C8A8B10B11I8	G N
19 Aproximacao	MARTIN 4-0-4	F6C8A14I8B12	M S
31 Aproximacao	BOEING 727-222	F6A0C8I8B12	G S
79 Aproximacao	DE HAVILLAND CANADA	DHC A0B1B12C8C11C18I5I10	CM S
100 Aproximacao	LOCKHEED L-049 CONSTELL	A0B12C8C11C17I5I15	CM N
123 Aproximacao	TUPOLEV 154M	A0B1B2B12C8I5I11	CM S
total Aproximacao: 9 perc s/total= 7.20 %			

17 Pouso	VICKERS	F7B12B10A14C16I12	M S
23 Pouso	BOEING 737	F7A0B01B12I11C16	G S
42 Pouso	FOKKER 28 - MARK 100	A7B1B2B12C8	CM S
43 Pouso	PIPER PA-24-260 COMANCH	A0A7B1B12C8I5	CM S
45 Pouso	EXTRA EZ - 300/L	A0B12C8I12	CV S
46 Pouso	EXTRA EA 300	A0B4B12C8B1	CM S
80 Pouso	ROBINSON R22.0048	A0B10B11B12C7C8C11C18I5	PR S
82 Pouso	DOUGLAS C-47A-1-DK	A13B1C8	CM S
98 Pouso	GRUMMAN 6-159 GULFSTREA	A0B10B11B12C8C11C18I5I12	PR S
101 Pouso	LOCKHEED L-10496 SUPER	A0B12C8C11C18I5I12	CM S
104 Pouso	PRIVATE ROBBIN DR400/18	A0B1B12C8C17I5	PR S
106 Pouso	GROB 611SE TUTOR	A0B11B12C8C16I5I12	PR S
107 Pouso	GROB 611SE	A0B11B12C8C16I5I12	PR S
108 Pouso	GLASAIR R6	A0B1B12C14I12	PR S
112 Pouso	PIPER PA-28.180 CHEROKE	A0B1B12C8C9I12I5	PR S
117 Pouso	SHORTS SC.7 SKYVAN	A0B1B12C8C11I5I12	PR S
120 Pouso	SOCATA TB20 TRINIDAD	A0B1B12C17I12	PR S
total Pouso : 17 perc s/total= 13.60 %			
Total registros= 125			

ANEXOS

ANEXO I - Casos de acidentes relacionados com a manutenção

Como é frequentemente divulgado nos meios de comunicação os casos de segurança da aviação, uma série de acidentes trágicos chamou a atenção para os aspectos referentes aos erros humanos de manutenção. Abaixo citaremos alguns casos de acidentes relacionado a conjuntos diferentes de problemas de manutenção.

Caso 1 – Japan Airlines Boeing 747, 1985

Em agosto de 1985, o pior acidente aéreo do mundo, custou a vida de 520 pessoas quando um Boeing 747-100, operado pela Japan Airlines, esta aeronave tornou-se incontrolável e se chocou contra uma montanha. A aeronave partiu de Tóquio em um curto voo para Osaka. Quando o avião atingiu a altitude de cruzeiro de 24.000 pés, a cabine sofreu uma descompressão súbita, devido à queda da pressão na parte traseira da aeronave. O ar que saiu causou graves danos, incluindo a separação da maior parte do estabilizador vertical e leme. Além disso, circuitos hidráulicos foram danificados e a pressão hidráulica foi perdida em todos os quatro sistemas que o mesmo atende.

A tripulação tentou conduzir o avião usando a potência do motor, no entanto, eles foram incapazes de manter o controle e depois de cerca de 30 minutos a aeronave colidiu com uma montanha a noroeste de Tóquio. Os investigadores descobriram que a pressão na parte traseira da aeronave tinha falhado em voo devido a uma fratura por fadiga em uma área onde um reparo havia sido feito anos antes, depois que a aeronave sofreu uma raspagem da cauda. O reparo havia incluído em substituição da metade inferior do anteparo traseiro. A metade inferior do novo anteparo deveria ter sido emendado para a metade superior usando uma placa dupla estendida por três linhas de rebites. No entanto, parte da emenda foi feita com duas placas em vez de uma chapa única como previsto, conforme apresentado na figura 37, que mostra os detalhes do reparo à pressão traseira, conforme especificado no manual de instruções de reparação (à esquerda), e o reparo como é recomendado atualmente (à direita). Como resultado, a associação contou com apenas uma única linha de rebites.

Após o reparo, a aeronave voou mais de 12.000 horas de voos e sofreu seis check's "C"²⁰ antes da ocorrência do acidente, segundo a Japanese Aircraft

²⁰ Um Check "C" é uma manutenção que consiste em um extenso conjunto de inspeções e atividades de manutenção. No caso da JAL 747SR, verificou-se que os Check's "C" foram necessários para serem executados dentro de 3.000 horas de voo, e demorou em média 12 dias para ser concluído. A checagem visual incluiu inspeções da estrutura do avião, incluindo a pressão traseira.

Accident Investigation Commission (1987). O acidente destacou o potencial de erros de manutenção para permanecer latentes por longos períodos antes de ter o seu efeito.

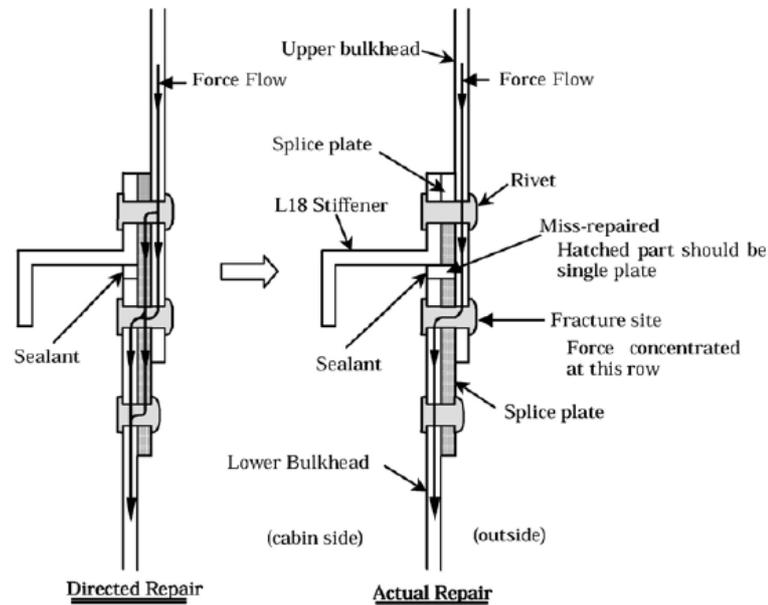


Figura 55 – Detalhamento do reparo no JAL747SR – Fonte: Kobayashi e Terada (2006)

Caso 2 - Eastern Airlines L-1011, 1983

Um Lockheed L-1011 com 10 tripulantes e 162 passageiros a bordo estava em um voo de Miami, nos Estados Unidos para Nassau nas Bahamas. Durante a descida em Nassau, a luz de baixa pressão de óleo do motor central acendeu indicando o problema. O motor foi desligado, e a decisão do comandante foi de retornar a Miami, com os dois motores restantes.

O avião foi liberado para o retorno e começou a subir para um nível de voo 200 (20.000 pés). Durante a rota para Miami, as luzes de baixa pressão do óleo para os dois motores das asas acenderam em sinal de alerta dos motores. Em seguida, 15 minutos após o motor central ter sido desligado, o motor direito começou a pegar fogo. Cinco minutos depois, enquanto os tripulantes estavam a tentavam reiniciar o motor de central, o motor esquerdo pegou fogo também. A aeronave iniciou uma descida sem o controle de 13.000 pés, e os passageiros foram orientados a vestir os coletes salva-vidas, em preparação para um possível pouso e afundamento no mar. Com cerca de 4.000 pés, a tripulação conseguiu reiniciar o motor central. A aeronave fez o pouso com um motor no Miami

International Airport 30 minutos após a emergência ter começado. Não houve ferimentos aos ocupantes.

O inquérito conduzido pela National Transportation Safety Board (1984) revelou que nos três motores os bujões magnéticos tinham sido instalados sem os oring's (anéis de vedação), permitindo o vazamento de óleo dos motores em pleno voo. A figura 34 mostra uma representação do sistema magnético detector de partículas de metal (MCD) nos motores RB-211. Embora os problemas de motor fossem claramente o resultado de erros de manutenção, a investigação descobriu mais questões organizacionais.

Dezoito meses antes do acidente, a companhia aérea tinha começado uma prática de remover e inspecionar os detectores magnéticos de partículas de metal (MCD) em intervalos de 22 horas de voo quando a aeronave estava no pernoite em uma estação de manutenção Eastern Airlines. Cada MCD removido então era inspecionado quanto à presença de partículas de metal que seria um alerta de falha do motor. Uma vez que a Rolls Royce fez a recomendação, a rotina foi implementada onde pessoal de manutenção aérea mudou mais de 100.000 detectores de partículas de metal, e estima-se que o engenheiro de manutenção da linha média, teria realizado a tarefa pelo menos 100 vezes. Outras grandes companhias aéreas dos Estados Unidos em que foram realizados os testes tinham decidido deixar os selos O'ring (anel de vedação) em cada detector de partículas no lugar, a menos que tenham sido danificados ou desgastados durante a operação ou manutenção. A Eastern Airlines no entanto, decidiu substituir os oring's cada vez que o MCDs fossem substituídos.

Às 01:30 horas da manhã do acidente, foi atribuído a dois engenheiros de estruturas e motor a tarefa de rotina para mudar os MCDs em todos os três motores do avião. Anteriormente, MCDs sempre foram fornecidas pelo Chefe da Equipe na sua sala, então um dos engenheiros foi ao escritório do Chefe de Equipe para pegar três MCDs para substituir os três que seriam removidos. Nesta ocasião, no entanto, os MCDs não estavam disponíveis no escritório do Chefe de Equipe, então este foi para a sala de estoque e obteve os três MCDs, cada um que estava em um saco semi-transparente com uma etiqueta de "reparado" em anexo. Este engenheiro, em seguida passou os MCDs para os motores montados sob as asas, utilizando-se os faróis de um rebocador para fornecer iluminação.

Para substituir cada MCD, ele teve que chegar a cerca de 10 centímetros no interior da porta de serviço de óleo em cada motor, e sem visão direta da tarefa, ele executou a substituição inteiramente pelo tato. Ele não pode verificar a presença dos oring's mostrados na figura 56 porque ele assumiu que cada MCD,

tendo chegado com uma etiqueta de reparado, e pela sua experiência em troca de MCDs, o mesmo sempre vinha com oring's encaixado. O segundo engenheiro, também sabendo que o MCDs tinham vindo com etiqueta "reparado" em anexo, e supondo que eles estavam prontos a ser montados, usou uma empilhadeira para chegar à traseira da aeronave para acessar o motor central. Após os MCDs serem substituídos, todos os três motores foram ligados com o motor de arranque cerca de 10 segundos para verificar se havia vazamentos de óleo. Esta verificação padrão não revelou quaisquer vazamentos.

O voo deste acidente não foi a primeira vez que a companhia aérea havia tido problemas com a instalação de MCDs. Durante um período de 20 meses antes do acidente, a companhia aérea havia experimentado 12 incidentes envolvendo em desligamentos de motores de avião e os desembarques aconteceram devido a problemas com os O'ring de vedação, causados por problemas de instalação do detector de partículas magnéticas. Como foi relatado pelo National Transport Safety Board (NTSB): "Em cada incidente os procedimentos investigados e as suas circunstâncias, concluiu que o problema era com a mecânica (área de engenharia) e não com o procedimento de manutenção". Ao invés de abordar os problemas mais amplos do sistema, como os procedimentos e normas eram pobres e em situação irregular, onde estes incidentes resultaram em uma ação disciplinar e formação individual. O acidente destacou o potencial de manutenção preventiva para introduzir risco, e como um único erro pode gerar consequências em vários sistemas.

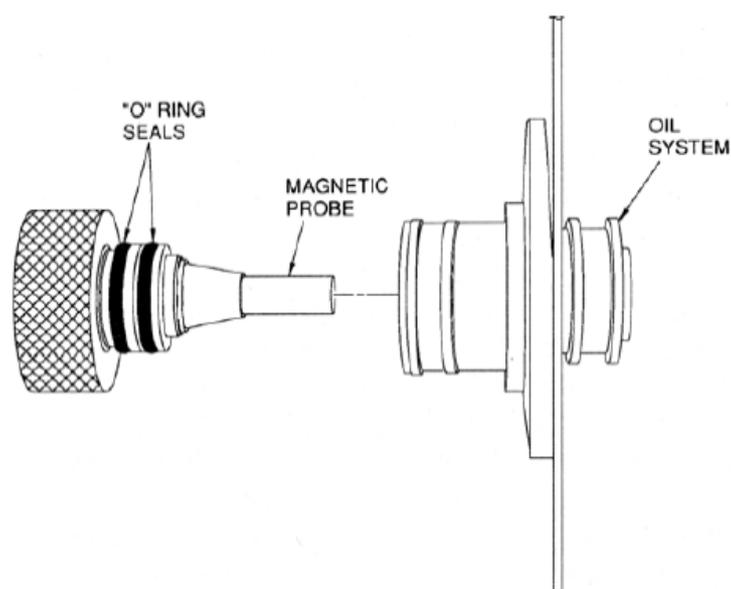


Figura 56 – O plug detector magnético e chip de habitação na RB-211-22B do motor –

Fonte: Marx e Graeber (1994)

Caso 3 - Aloha Airlines Boeing 737, 1988

Em abril de 1988, um Boeing 737-200 da Aloha Airlines em rota de Hilo, Havaí, Honolulu, experimentou uma descompressão explosiva em que aproximadamente 18 pés de cobertura da cabine e estrutura de popa da porta de entrada e acima da cabine de passageiros, incluindo o piso foram separados da aeronave. Uma aeromoça que estava de pé no corredor foi imediatamente arremessada ao mar. O voo foi desviado para Maui em um pouso de emergência foi feito (veja a figura 39).

O NTSB (National Transportation Safety Board-1989) concluiu que o acidente foi causado pela falha da Aloha Airlines para detectar a presença de descolamentos significativos e danos por fadiga, que finalmente levou à falha da estrutura das juntas da cabine e da separação de parte da fuselagem. Como resultado do acidente, os fatores humanos de inspeção tornou-se uma questão de preocupação, especialmente nos Estados Unidos.



Figura 57 – A Aloha Airlines 737 logo após a aterragem de emergência.

O Brasil tinha várias aeronaves em operação do mesmo modelo e que tinham sido fabricadas na mesma época desta aeronave e com quantidade de horas voadas semelhantes, cuja companhia aérea que mais utilizava este modelo era extinta VASP (Viação Aérea São Paulo). Devido ao problema e as recomendações feitas pelos órgãos de investigação e a própria Boeing, todas as aeronaves deste modelo foram paradas e inspecionadas imediatamente. Pelo menos três tiveram que sofrer reforços na fuselagem por apresentarem fraturas e riscos eminentes de ocorrência de situação semelhante ao avião 737-200 da Aloha Airlines.

Caso 4 - British Airways BAC-111, 1990

Em Junho de 1990, um para-brisa de um avião da British Airways explodiu quando a aeronave estava subindo para a altitude de cruzeiro, ejetando o corpo do piloto parcialmente pela janela aberta. Durante o turno da noite anterior, o para-brisa tinha sido instalado por um gerente de turno de manutenção. Durante o turno da noite faltou pessoal e o gerente estava tentando ajudar, realizando o trabalho sozinho. Ele não verificou cuidadosamente o manual de manutenção antes de executar a tarefa e o catálogo não tinha referências com peças ilustradas para confirmar o tipo de parafusos necessários para manter o para-brisa no local. Ele selecionou os parafusos, tentando associá-los fisicamente e comparando com um parafuso que havia sido montado no para-brisa antigo, assumindo que o parafuso antigo, foi o tipo correto, e ignorando o conselho de um supervisor do almoxarifado que tinha tentado lhe informar as especificações do parafuso correto para o trabalho. No evento, a maior parte dos parafusos que ele usou para proteger o para-brisa foram de aproximadamente 0,026 mm menor em diâmetro que os parafusos necessários.

No entanto, no caso os erros do gerente não ocorreram de forma isolada. O local criado na aeronave não dava acesso fácil para o para-brisa e o gerente que fez a substituição teve de se esticar para instalar os parafusos, dando-lhe uma visão ruim na hora da execução da sua tarefa. Em parte como resultado disso, ele não notou que do lado esquerdo do para-brisa não havia ficado na posição correta em função dos parafusos inadequados, no caso menores que o necessário. Ele usou uma chave de fenda de torque devido à limitação para fixar os parafusos, mas os cliques que ele obteve pareciam ter sido a partir do ruído vindo do ferrolho do parafuso quando este era rosqueado nas porcas de ancoragem, e não do mecanismo limitador de torque da chave de fenda. Para piorar a situação, não houve exigência do manual de manutenção para uma verificação de pressão ou fazer uma inspeção dupla, segundo as investigações da Air Accident Investigation Branch (1992). Alguns dos aspectos destacados por este acidente foram os locais de armazenamento de peças, as questões de turno da noite, os níveis de efetivos e da participação dos supervisores em hands-on de manutenção trabalho. Tal como acontece com a ocorrência Eastern Airlines descrito acima, ele também destacou como um único erro de manutenção pode comprometer a segurança de uma aeronave.

Caso 5 - Air Midwest, Beech 1900D, 2003

Em 8 de janeiro de 2003, voo da Air Midwest 5481 caiu logo após decolar de Charlotte, Carolina do Norte, matando os dois tripulantes e 19 passageiros, todos a bordo. O National Transport Safety Board (NTSB-2004) determinou que após a decolagem, os pilotos tinham sido incapazes de controlar a altura da aeronave e havia duas razões para isso. Primeiramente, a aeronave estava sobrecarregada e tinha um centro de gravidade que a parte de trás da aeronave ultrapassou os limites. Segundo, o sistema de controle de elevador não tinha todo o Pit Up de nariz para baixo durante o procedimento, devido à manipulação incorreta de que havia ocorrido durante uma intervenção da equipe de manutenção pouco mais de 24 horas antes do acidente. O voo que resultou o acidente foi décimo da aeronave após o trabalho de manutenção, mas os últimos nove voos de todas as partes envolvidas, cargas menores e passageiros, o centro de gravidade que estava mais à frente.

Na noite de 6 para 7 de janeiro de 2003, a aeronave havia passado por uma verificação de manutenção programada, que consistia em verificar a tensão dos cabos de controle do elevador. O engenheiro responsável foi executar essa tarefa pela primeira vez, e foi receber treinamento no local de trabalho a partir de um inspetor de qualidade. Houve a constatação de que a tensão do cabo era menor que o necessário. Sendo assim, o engenheiro realizou os passos selecionados a partir do sistema de controle do elevador, seguindo o procedimento de apertar a tensão do cabo utilizando esticadores de cabo. No entanto, ao apertar os cabos, ele inadvertidamente restringiu a quantidade de nariz para baixo do elevador para cerca de metade daquilo que deveria estar disponível (figura 58).



Figura 58 – O Beech 1900 envolvido no acidente. A direita, o cabo esticadores de ajustamento sobre os cabos de controle do elevador. Fonte: NTSB

O manual de manutenção para os Beech 1900D não tinha uma tarefa isolada para o procedimento para ajustar a tensão de cabo, em vez disso, o fabricante especificava que o processo de ajustes deveriam ser seguidos. No entanto, o engenheiro e o inspetor acompanharam mal o procedimento técnico e pensava que era necessário apenas efetuar os passos que foram relacionados, especificamente para ajustar a tensão do cabo. Uma das etapas do processo foi ignorada e durante o processo teria sido necessária uma verificação cruzada das posições do elevador com uma leitura a partir do gravador de dados de voo da aeronave, no final do processo de manutenção. Este passo poderia ter alertado o engenheiro que numa situação onde seria necessária a utilização do elevador durante a viagem não estaria disponível.

Depois que o engenheiro tinha terminado de ajustar o cabo do controle, ele verificou o movimento dos controles do cockpit. O inspetor verifica os controles de checagem junto com o engenheiro, e também realizada uma verificação física dos elevadores, (vide figura 59, as superfícies móveis chamadas de elevadores) que incluiu o teste manual no elevador e deslocá-lo através de seus movimentos, testando a disponibilidade do elevador dentro das escalas necessárias disponíveis para viagens com a carga próxima do limite da aeronave. Ele concluiu que a distensão dos controles estavam dentro dos limites.

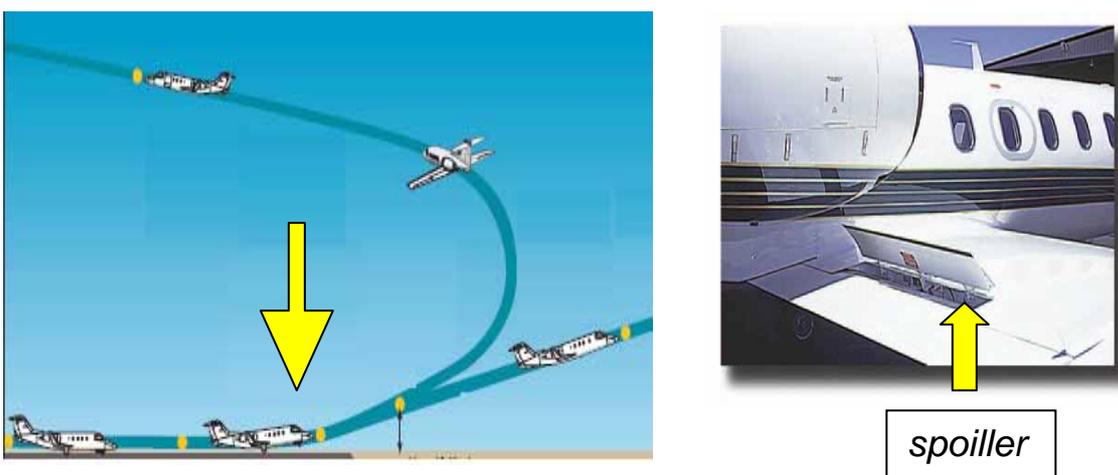


Figura 59 – Funcionamento e localização do elevador ou profundor. Fonte: (Martins 2006)

Esta superfície móvel faz a cauda do avião descer e subir mudando a trajetória de voo para cima e para baixo. É chamada de elevador ou tecnicamente de

profundor. Outra superfície que desacelera o avião e o faz descer eventualmente²¹ fica na asa é chamada de *spoiler* (freio aerodinâmico), conforme mostrado na figura 59.

Não houve no procedimento uma exigência que a equipe de manutenção executasse um pós-teste de funcionamento no limite do cabo de controle do elevador. Essa verificação teria envolvido um engenheiro no cockpit mover a roda de controle através do seu limite completo para frente e para trás do movimento, enquanto um engenheiro posicionado na cauda da aeronave deveria medir a deflexão do elevador usando uma tabela de simulação. Cinco semanas após o acidente, a fabricante de aviões tinha acrescentado, como um pós-teste de funcionamento para a manutenção de seu controle do elevador, o procedimento para os testes do elevador, conforme descrito anterior. O acidente em destaque teve dificuldades de captar erros de manutenção, uma vez que foram feitos todos os procedimentos seguidos. O NTSB observou que a Federal Aviation Administration (FAA) não têm uma obrigação geral de controle completo operacional a ser realizada após a manutenção nos sistemas de voo crítica ou componentes.

Como vimos nos casos citados acima, embora alguns erros tenham sido causados por falhas humanas na execução de suas tarefas, alguns dos acidentes citados estão diretamente relacionados a problemas organizacionais. No próximo capítulo iremos analisar os relatórios gerados pelo Aviation DataBase e seguir com as discussões sobre o tema.

²¹ O *spoiler* além de “quebrar” a velocidade, retira do avião um pouco do componente sustentação e com isto a resultante de vôo é modificada com um incremento gradiente maior para baixo (componente peso passa ter um pouco mais de impacto na resultante da trajetória de vôo), modificando o ângulo de vôo na direção para baixo.