

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

Análise da Fiabilidade de Despacho de uma Frota A330

Por

Joana Sofia Lázaro Bicho

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

ORIENTADOR: Professor Doutor José Mendonça Dias

Co-Orientador: Eng.º José António de Almeida

Co-Orientador: Eng.ª Susana Sousa

Lisboa

2010

À minha mãe, pelo apoio e incentivo

Ao João, pela perseverança e compreensão

*Flying is so many parts skill, so many parts planning,
so many parts maintenance, and so many parts luck.
The trick is to reduce the luck by increasing the others.*

David L. Baker

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Doutor José Mendonça Dias por ter aceite orientar o presente estudo. Ao longo deste projecto, sempre demonstrou a apetência científica e o dinamismo necessários à realização do mesmo.

Ao Eng.º Mário Araújo, Director da área de Engenharia, da TAP Manutenção e Engenharia por ter consentido a realização do estágio curricular na sua área, sem o qual o presente estudo seria inexecutável. Para além da experiência académica, a passagem pela TAP M&E foi extremamente enriquecedora, a nível pessoal.

Agradeço particularmente ao Eng.º José António de Almeida, orientador na organização, por toda a disponibilidade demonstrada, interesse e dedicação. Tendo contribuído de forma activa com sugestões e orientações extremamente pertinentes.

À Eng.ª Susana Sousa que, pelo empenho, incentivo e total disponibilidade permitiu apreensão dos conceitos técnicos e práticos indispensáveis ao sucesso deste documento.

Na impossibilidade de mencionar todos os que apoiaram e incentivaram a realização desta árdua tarefa, partilhando conhecimentos e experiências, deixo aos omissos os meus maiores agradecimentos.

Resumo

No âmbito da manutenção aeronáutica, mais concretamente na área de fiabilidade, o presente trabalho procurou aplicar modelos estatísticos a sistemas reparáveis, alternativos aos utilizados numa organização de manutenção aeronáutica, tendo como objectivo primordial a identificação dos sistemas-avião, que contribuem de forma pejorativa para a fiabilidade de despacho operacional, das aeronaves da frota A330. Procurou-se, sempre que possível apresentar soluções que se traduzissem na melhoria da fiabilidade de despacho das mesmas.

O desenvolvimento prático do estudo pode ser seccionado em duas fases. Inicialmente, avaliou-se de forma global o conjunto da frota de doze aeronaves, utilizando conceitos de processos estocásticos pontuais na descrição da operação dos sistemas, ao longo do tempo, aplicou-se o modelo de riscos proporcionais (*PHM*) com o intuito de modelar amostras de dados de tempos de sobrevivência. Esta modelação permitiu identificar a variante A330-223 como a que possui maior risco de atrasos/cancelamentos. Por conseguinte, numa segunda fase do estudo, identificaram-se os sistemas-avião com menor fiabilidade nesta variante de aeronave.

Descreveram-se os sistemas com maior risco de falha, de forma sucinta e analisaram-se as descrições dos problemas encontrados, bem como as respectivas acções correctivas, levadas a cabo pelos técnicos de manutenção aeronáutica.

A metodologia desenvolvida não se cinge ao modelo de aeronave em estudo, tendo aplicação às restantes frotas.

Palavras-Chave: Manutenção Aeronáutica; Fiabilidade; Sistemas Reparáveis; Modelo de Riscos Proporcionais.

Abstract

This study, in the field of aeronautical maintenance and specially in the reliability sector, intended to apply a set of statistical models to repairable systems, alternative to the ones currently used by the case study organization. The final objective being to identify the A/C systems which have greater influence in the decrease of the A330 fleet dispatch reliability. Whenever possible, there were presented solutions which brought any improvement to the aircraft's dispatch reliability.

The study development took place over two phases. Initially it was conducted a global evaluation of the twelve aircraft fleet, using the concept of stochastic point process used to describe system operation over time, the application of the proportional hazard model (*PHM*), with the objective of modulating survival time data samples. By this modulation, it was possible to identify the A330-223 variant, as the one possessing the higher event risk. Therefore, the second part of the study intended to identify the less reliable A/C systems, of that variant.

The systems with higher event risk were shortly presented, analyzing the description of problems found, as well as, the corrective actions taken by the aeronautical maintenance technicians.

The developed methodology doesn't restrict its range to the case study aircraft model, therefore, it can be applied to the remaining fleets.

Keywords: Aeronautical maintenance; Reliability; Repairable Systems; Proportional Hazard Model.

Acrónimos

A/C	Aeronave	<i>Aircraft</i>
AD	Directiva de Aeronavegabilidade	<i>Airworthiness Directive</i>
AMC		<i>Acceptable Means of Compliance</i>
AMM	Manual de Manutenção do Avião	<i>Aircraft Maintenance Manual</i>
ATA		<i>Air Transport Association</i>
CM		<i>Condition Monitoring</i>
CMTBF	Tempo cumulativo médio entre falha	
EASA	Agência Europeia para a Segurança da Aviação	<i>European Aviation Safety Agency</i>
EMSG		<i>European Maintenance Steering Group</i>
ETOPS		<i>Extended Range Twin Engines Operations</i>
EXP	Distribuição Exponencial	
FAA		<i>Federal Aviation Administration</i>
FC	Ciclos de voo	<i>Flight Cycles</i>
FH	Horas de voo	<i>Flight hours</i>
HT		<i>Hard Time</i>
IA	Índice de alerta	
IATA		<i>International Air Transport Association</i>
ICAO		<i>International Civil Aviation Organization</i>
IFSD		<i>In Flight Shut Down</i>
INAC	Instituto Nacional de Aviação Civil	
ISG		<i>Industry Steering Group</i>
LIC	Limite Inferior de Controlo	<i>Lower limit of control</i>
LMM	Manual de Manutenção de Linha	<i>Line Maintenance Manual</i>
MAREP	Queixa reportada pela manutenção	<i>Maintenance Report</i>
MEL		<i>Minimum Equipment List</i>
MOM	Manual da Organização de Manutenção	
MPD		<i>Maintenance Planning Document</i>

MRB		<i>Maintenance Review Board</i>
MSG		<i>Maintenance Steering Group</i>
MTBO	Tempo médio entre ocorrências	<i>Mean Time Between Occurrences</i>
MTBUR	Tempo médio entre remoções não programadas	<i>Mean Time Between Unscheduled Removals</i>
MWG		<i>Maintenance Working Group</i>
NTM	Normas Técnicas de Manutenção	
OC		<i>On-Condition</i>
P/N		<i>Part Number</i>
PCF	Programa de Controlo de Fiabilidade	<i>Reliability Control Program</i>
PHM	Modelos de Risco Proporcional	<i>Proportional Hazard Model</i>
PIREP	Queixa reportada pelo piloto	<i>Pilot Report</i>
PMA	Manual de Programa de Manutenção Avião	
PPH	Processo de <i>Poisson</i> Homogéneo	<i>Homogeneous Poisson Process</i>
PPNH	Processo de <i>Poisson</i> Não Homogéneo	<i>Non-Homogeneous Poisson Process</i>
PR	Processo de Renovação	<i>Renewal Process</i>
RCM	Manutenção Centrada na Fiabilidade	<i>Reliability-Centered Maintenance</i>
RP	Remoções Prematuras	
RV	Partidas Comerciais	<i>Revenue Departures</i>
S/N	Número de série	<i>Serial Number</i>
SB	Boletim de Serviço	<i>Service Bulletin</i>
SR	Sistema Reparável	
T/O	Descolagem	<i>Take-Off</i>
TAP	Transportes Aéreos Portugueses	
TAP-ME	Transportes Aéreos Portugueses – Manutenção e Engenharia	

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
ACRÓNIMOS	XIII
SIMBOLOGIA	XV
ÍNDICE GERAL	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
GLOSSÁRIO	XXIII
PARTE I – FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Âmbito.....	1
1.2 Estado da Arte.....	2
1.3 Objectivos.....	4
1.4 Metodologia.....	5
1.5 Organização da Dissertação.....	6
CAPÍTULO 2 – MANUTENÇÃO AERONÁUTICA	9
2.1 Introdução.....	9
2.2 A Empresa – TAP Portugal.....	9
2.3 Estrutura Legislativa da Indústria da Aviação Comercial.....	18
2.3.1 Entidades Aeronáuticas.....	19
2.4 Manutenção.....	23
2.4.1 Filosofia MSG e Metodologia RCM.....	24
2.4.2 Tipos e Estratégias e Manutenção.....	28
2.4.2.1 Manutenção Preventiva.....	29
2.4.2.2 Manutenção Correctiva.....	34
2.4.3 Organização de Manutenção Aeronáutica.....	36
2.4.3.1 Génese dos Programas de Manutenção de Aeronaves.....	36
2.5 Fiabilidade.....	38
2.5.1 A Importância da Fiabilidade nesta Actividade.....	39
2.5.2 Tipos de Fiabilidade.....	39
2.5.3 Programa de Controlo de Fiabilidade na TAP.....	40
CAPÍTULO 3 – ESTATÍSTICA DAS FALHAS	55
3.1 Introdução.....	55

3.2	Análise de Sobrevivência	56
3.3	Análise Estatística das Falhas	59
3.3.1	Método não Paramétrico na Estimativa da Fiabilidade	62
3.4	Sistemas Reparáveis	63
3.5	Modelos Estatísticos em Fiabilidade	70
3.5.1	Modelo de Riscos Proporcionais	70
PARTE II – DESENVOLVIMENTOS PRÁTICOS		79
CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO DO SISTEMA EM ANÁLISE		79
4.1	Sistema Reparável em Estudo	79
4.2	Estrutura da Informação em Análise	81
4.3	Análise Estatística Global das Ocorrências	85
4.3.1	Evolução da Taxa de Ocorrências em cada Aeronave	86
4.3.2	Evolução da Taxa de Ocorrências durante a <i>IATA SEASON</i>	88
4.4	Modelo de Riscos Proporcionais	90
4.4.1	Fiabilidade de Despacho de cada Variante.....	95
4.4.2	Estimação da Função de Fiabilidade – Método de <i>Kaplan-Meier</i>	96
4.4.3	Validação do Modelo – Resíduos de <i>Cox-Snell</i>	99
4.5	Discussão de Resultados.....	100
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS OCORRÊNCIAS SISTEMA-AVIÃO		103
5.1	Introdução	103
5.2	Modelo de Riscos Proporcionais	104
5.2.1	Estimação da Função de Fiabilidade – Método de <i>Kaplan-Meier</i>	107
5.2.2	Validação do Modelo – Resíduos de <i>Cox-Snell</i>	109
5.3	Análise dos Sistemas-Avião	110
5.3.1	Sistema de Comunicações – <i>ATA 23</i>	110
5.3.2	Sistema de Trem de Aterragem – <i>ATA 32</i>	113
5.3.3	Sistema de Água/Resíduos – <i>ATA 38</i>	117
5.3.4	Sistema de Ar Condicionado – <i>ATA 21</i>	118
5.3.5	Sistema de Combustível – <i>ATA 28</i>	120
5.3.6	Sistema de Equipamento/Mobiliário – <i>ATA 25</i>	122
5.4	Discussão de Resultados.....	125
PARTE III – CONCLUSÕES FINAIS		127
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES GERAIS		127
6.1	Conclusões Gerais.....	127
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	131
BIBLIOGRAFIA		133
ANEXOS		139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fiabilidade de Despacho das frotas A330	3
Figura 2.1 – Estrutura Accionista do Grupo TAP	10
Figura 2.2 – Representação gráfica dos proveitos obtidos com a manutenção a terceiros	11
Figura 2.3 – Representação gráfica da Mão-de-obra (em Horas-Homem) de manutenção	12
Figura 2.4 Organograma da Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia	14
Figura 2.5 – Manutenção de Motores.....	15
Figura 2.6 – Manutenção de Aviões.....	16
Figura 2.7 – Manutenção de Componentes.....	17
Figura 2.8 – Estrutura da regulamentação de base (EC) No 216/2008.....	21
Figura 2.9 – Esquema representativo dos diferentes tipos de manutenção	29
Figura 2.10 – Representação esquemática da classificação atribuída às remoções prematuras e respectivas descrições.....	44
Figura 3.1 – Representação esquemática de dados censurados	58
Figura 4.1 – Aeronave A330 da TAP	79
Figura 4.2 – Ilustração da aeronave A330 e respectivas indicações do comprimento e altura.....	80
Figura 4.3 – Codificações ATA iSpec 2200	83
Figura 4.4 – Exemplo da informação que consta no <i>Monthly Reliability Data</i>	84
Figura 4.5 – Representação gráfica do Teste de <i>Laplace</i> para a aeronave CS-TAA	88
Figura 4.6 – Representação esquemática dos períodos <i>ATA Season</i>	89
Figura 4.7 – Representação gráfica do Teste de Laplace para o Período 3 da <i>ATA Season</i>	90
Figura 4.8 – Representação gráfica dos tempos entre ocorrências, registados na aeronave CS-TAA	91
Figura 4.9 – Representação gráfica da função de sobrevivência	96
Figura 4.10 – Comparação das curvas de fiabilidade das aeronaves CS-TBB e CS-TKK	98
Figura 4.11 – Resíduos de <i>Cox-Snell</i> para a frota A330.....	100
Figura 5.1 – Representação gráfica da função de sobrevivência	107
Figura 5.2 – Comparação das curvas de fiabilidade dos sistemas top 6.....	108
Figura 5.3 – Resíduos de <i>Cox-Snell</i> para o top 6 dos sistemas-avião	109
Figura 5.4 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 23	112
Figura 5.5 – Trem de aterragem principal.....	113
Figura 5.6 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 32	115
Figura 5.7 – Trem de proa	115

Figura 5.8 – Excerto de uma carta de trabalho de inspeção de trânsito, para a frota A330.....	116
Figura 5.9 – Excerto de uma carta de trabalho de inspeção de trânsito, para a frota A320 FAM	116
Figura 5.10 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 38	118
Figura 5.11 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 21	120
Figura 5.12 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 28	122
Figura 5.13 – Cadeira de Passageiros	124
Figura 5.14 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 25	124

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Padrões de taxas de falha.....	27
Tabela 2.2 – Tabela síntese das vantagens e inconvenientes da aplicação de manutenção preventiva sistemática	31
Tabela 4.1 - Síntese das especificações da aeronave.....	80
Tabela 4.2 – Exemplo da listagem de informação em análise	82
Tabela 4.3 – Quadro síntese dos parâmetros necessários ao cálculo da estatística de teste, do Teste de <i>Laplace</i>	86
Tabela 4.4 – Síntese dos indicadores de desempenho	87
Tabela 4.5 – Síntese dos indicadores de desempenho durante a <i>IATA season</i>	89
Tabela 4.6 – Matriz das covariáveis intervenientes no modelo inicial	92
Tabela 4.7 – Cálculo da fiabilidade de despacho da aeronave CS-TLL.....	92
Tabela 4.8 – Síntese do modelo de riscos proporcionais na 1ª iteração	93
Tabela 4.9 – Síntese do resultado final da estimativa de máxima verosimilhança	94
Tabela 4.10 – Fiabilidade de Despacho da frota completa e de cada variante	95
Tabela 4.11 – Resultados obtidos através do teste do <i>Log-rank</i>	99
Tabela 5.1 – Síntese do modelo de riscos proporcionais na 1ª iteração para os capítulos <i>ATA</i> ...	104
Tabela 5.2 – Síntese do resultado final da estimativa de máxima verosimilhança	105
Tabela 5.3 – Síntese do top 6 dos capítulos <i>ATA</i>	106
Tabela 5.4 – Resultados obtidos para o teste do <i>Log-rank</i>	109
Tabela 5.5 – Capítulo <i>ATA 23</i> e respectivas secções.....	111
Tabela 5.6 – Capítulo <i>ATA 32</i> e respectivas secções.....	114
Tabela 5.7 – Capítulo <i>ATA 38</i> e respectivas secções.....	117
Tabela 5.8 – Capítulo <i>ATA 21</i> e respectivas secções.....	119
Tabela 5.9 – Capítulo <i>ATA 28</i> e respectivas secções.....	121
Tabela 5.10 – Capítulo <i>ATA 25</i> e respectivas secções.....	123

Glossário

A

Aeronave – é um veículo com capacidade para se sustentar e se conduzir no ar, ou em geral na atmosfera, com o objectivo de transportar pessoas e/ou carga.

Aeronavegabilidade – Requisito *standard* estabelecido pela EASA que faculta a condição da aeronave e assegura a segurança do voo.

Aircraft in-fleet - número médio de aeronaves, pertencentes a um determinado operador, durante um período de referência.

Aircraft in-service – número médio de aeronaves de uma frota, que efectuem operações e que estão sujeitas a manutenção, durante um período de referência.

Aircraft Maintenance Manual (AMM) – manual produzido pelo fabricante que contém informação sobre o avião e sobre os equipamentos instalados.

Aircraft On Ground (AOG) – expressão utilizada em manutenção aeronáutica que indica que a aeronave se encontra no solo devido à existência de problemas que impeçam a operação normal de voo.

Airworthiness Certificate – certificado emitido pela EASA que concede autorização para operar uma aeronave em voo. Este documento deve ser solicitado pelo proprietário da aeronave.

Atraso Técnico - é registado sempre que ocorra a avaria dum unidade ou sistema do avião, que causam atrasos na partida do avião, superiores a 15 minutos, em relação à hora programada.

Auxiliary Power Unit (APU) – reactor utilizado para gerar energia eléctrica ou pneumática alimentando os motores principais no arranque, ou em situações de emergência. Normalmente, encontra-se na zona posterior das aeronaves.

Avaria ou Falha – qualquer desvio perceptível em relação às condições de funcionamento requeridas de um sistema ou componente, o qual é considerado como não aceitável por um utilizador, num dado contexto de operação.

B

Bird Strike – termo utilizado na aeronáutica para designar a colisão entre aves e aeronaves.

C

Caderneta de Cabina - todas as discrepâncias relacionadas com a comodidade dos passageiros e serviços. O documento possui os registos das deficiências encontradas, preenchido pela Tripulação de Cabina, assim como as acções correctivas efectuadas, pelos Técnicos da Manutenção.

Caderneta Técnica – documento mandatário, pelas Autoridades de Aviação Civil, em todas as aeronaves de transporte de passageiros. Neste documento registam-se todas as discrepâncias e deficiências detectadas durante a operação, bem como todas as acções de manutenção executadas na aeronave durante a operação, até nova acção de manutenção programada.

Cancelamento técnico – Cancelamento de um voo programado, devido à avaria ou suspeita da mesma, na aeronave.

CAT (Category) - Esta designação refere-se a operações de aproximação das aeronaves, sob condições de visibilidade reduzidas.

Componente ou Unidade – Qualquer peça ou unidade que constituam um dado sistema e que nele desempenhem funções divergentes.

Condition Monitoring – As unidades sob este conceito não possuem tarefas de manutenção atribuídas. O seu controlo é efectuado pelo “Programa de Controlo de Fiabilidade”.

D

Directiva de Aeronavegabilidade (AD) – documentação mandatária, emitida pela EASA, sempre que existe uma deficiência na segurança de um determinado modelo de aeronave, motor, aviónicos, ect. As AD’s podem requerer inspecções, modificações, condições ou limitações sobre as quais a aeronave pode continuar a operar.

E

ETOPS (Extended Range Twin Engine Operations) - voos efectuados por aviões a dois motores que no seu percurso se afastem para além de 60 minutos dum aeroporto apropriado, à velocidade de cruzeiro, com um motor inoperativo.

F, G

Fiabilidade – “aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um determinado intervalo de tempo.” **Fonte:** NP EN 13306 (2007)

Flight Cycles – define-se por ciclo de voo o período decorrido entre a descolagem e a aterragem da aeronave.

Flight Hours - horas de voo contabilizadas desde a descolagem até à aterragem.

H

Hard-Landing – ocorre quando o impacto da aeronave com o solo é superior às condições previstas nos manuais, isto é, a aterragem ocorre a uma velocidade vertical superior à normal.

Hard-Time - As unidades sob este conceito são removidas da aeronave em intervalos especificados e sujeitas a trabalhos de manutenção (intervenções simples ou revisões gerais).

L, J, K

IFSD (In-flight Shutdown) - cortes do motor durante o voo.

Índice de Alerta - índice utilizado no controlo de fiabilidade que, quando excedido, indica a existência de performance insatisfatória do sistema/sub-sistema/equipamento.

Índice de Atrasos Técnicos - número de atrasos técnicos registados num dado sistema, sub-sistema, grupo de sistemas ou na totalidade dos sistemas do avião, durante um dado período de tempo, dividido pelo número de aterragens correspondentes.

Inspeção programada de Trânsito “T” - inspeção efectuada pela tripulação técnica e/ou pela manutenção antes de cada voo. Esta acção constitui a primeira inspeção de linha programada.

Inspeção programada de Trânsito “T1” – a segunda inspeção de linha programada é efectuada em intervalos de 36 horas.

Inspeção programada de Trânsito “T2” - a terceira inspeção de linha programada é efectuada em intervalos de 8 dias.

Inspeções de Linha – referem-se ao conjunto de inspeções de linha programadas, designadas por inspeção de Trânsito “T”; inspeção de trânsito “T1” e inspeção de trânsito “T2”.

L

Limite inferior de controlo (LIC) – indicador de baixa fiabilidade, quando não atingido, implica a necessidade de tomada de acções correctivas.

Line Maintenance Manual (LMM) – publicação técnica destinada a todos os que necessitem do seu conteúdo, durante a realização das suas actividades. Neste manual constam os procedimentos a efectuar nas acções de manutenção de linha.

M

Maintenance Significant Item (MSI) - Qualquer sistema, ou parte, considerado mais importante sob o ponto de vista de segurança, fiabilidade, ou económico.

Manual da Organização de Manutenção (MOM) - manual destinado a comprovar a conformidade da actuação da Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia da TAP.

Manual de Normas técnicas de manutenção (NTM) – esclarece e desenvolve em pormenor matérias contidas no MOM. O NTM incluiu normas, de natureza técnica ou técnico-administrativa, directamente relacionáveis com os temas tratados no MOM.

Manutenção – “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.” **Fonte:** NP EN 13306 (2007)

Manutenção e Engenharia (M&E) – a organização da companhia aérea que tem à sua responsabilidade toda a manutenção dos aviões e de todas as actividades de engenharia com ela relacionadas.

Manutenção Não Programada – manutenção efectuada para restaurar uma unidade, devido à sua avaria ou deterioração.

Material de Voo - consideram-se o avião e qualquer das suas partes constituintes, a qualquer nível (peça, componente, acessório, unidade, sub-sistema, sistema, etc.).

Mean Time Between Occurrences (MTBO) – é a média aritmética (ou valor expectável) do tempo entre ocorrências (sendo contabilizadas como ocorrências todos os cancelamentos e atrasos nas partidas comerciais, superiores a 15 minutos).

Minimum Equipment List (MEL) – lista de equipamentos cujas tripulações de voo aceitam a sua condição de inoperação, por curtos períodos temporais.

Modo de Avaria ou de Falha – diferentes formas segundo as quais um sistema sofre deterioração e por conseguinte, que conduz a uma avaria.

N

Non Destructive Inspection – técnica de inspeção que não altera a condição da unidade.

Non Destructive Test – técnica de teste que não altera a condição da unidade.

O

On-Condition - as unidades sob este conceito são submetidas, em intervalos especificados, a ensaios funcionais, operacionais ou outros, em avião ou em oficina, de modo a aferir a necessidade de outras intervenções.

Overhaul – consiste na inspeção e substituição de peças se necessário, de forma a colocar os sistemas a “0 horas”.

P

Part 145 – requisitos de manutenção necessários para manter a certificação de organização da manutenção.

Part M – requisitos onde constam as acções a serem tomadas para manter a certificação de aeronavegabilidade permanente.

Part-Number (P/N) - código de identificação de um tipo de item/componente/kit atribuído pelo fabricante, fornecedor ou código *standard* da indústria.

Q

Queixa de Voo – suspeita ou constatação de uma anomalia técnica registada pela tripulação na caderneta técnica e que exige uma acção de manutenção.

R

Redundância Passiva – “redundância na qual está previsto que só uma parte dos meios necessários para cumprir uma função requerida esteja em funcionamento, enquanto que o resto dos meios só será utilizado em caso de necessidade”.

Fonte: NP EN 13306 (2007)

Remoção Prematura - A remoção não programada duma unidade do avião, por mau funcionamento ou suspeita de mau funcionamento desta.

S

Serial Number (S/N) – número de série.

Service Bulletin (SB) – documento, de carácter facultativo, emitido pelo fabricante para modificar ou melhorar a operação de um componente ou sistema de um avião, através da substituição de peças; inspecções, etc.

Shop-visit – entrada na oficina para acções de manutenção.

Sistema – conjunto de unidades/componentes interligados entre si, cujo conjunto final possui um objectivo geral a ser atingido.

T, U

Tail Number (TN) – número de identificação da aeronave, que normalmente, se encontra na cauda.

Time Since New (TSN) – total de horas de funcionamentos acumulados desde a sua produção (aplicável a componentes, aeronaves).

Troubleshooting - processo de investigação e detecção da falha ou da causa do funcionamento débil.

V, W, X, Y

Vida útil – “intervalo de tempo, que sob determinadas condições, começa num dado instante e termina quando a taxa de avarias se torna inaceitável ou quando o bem é considerado irreparável na sequência de uma avaria (...)”. **Fonte:** NP EN 13306 (2007)

Z

Zona de Manutenção - área onde são efectuadas as inspecções visuais aos elementos da aeronave, que se encontram dentro da zona.

PARTE I

Capítulo 1

Introdução

1.1 Âmbito

1.2 Estado da Arte

1.3 Objectivos

1.4 Metodologia

1.5 Organização da Dissertação

1.1 Âmbito

A realização da dissertação de Mestrado decorreu na TAP Portugal, na Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia, nas áreas de Engenharia e de Fiabilidade. Este estágio permitiu o contacto directo com a realidade de uma organização de manutenção aeronáutica, dos serviços que disponibiliza, bem como os requisitos impostos pela EASA para que possa ser certificada.

Um dos requisitos fundamentais, presentes na *Parte M* da regulamentação, baseia-se na elaboração de um Programa de Controlo de Fiabilidade, onde constam todos os procedimentos levados a cabo pela organização, com o intuito de que sejam analisadas estatisticamente as flutuações da fiabilidade de componentes, sistemas, equipamentos.

No âmbito do estudo apresentado (pela AIRBUS), surgiu o interesse de determinar quais os sistemas-avião que contribuem de forma pejorativa para a fiabilidade de despacho

operacional, tendo em mente a preocupação em manter o nível de fiabilidade de despacho operacional, face à competitividade mundial.

O estudo desenvolvido tem como base os mesmos dados, que após o tratamento estatístico, dão origem ao *Monthly Reliability Data*, também designado por relatório de fiabilidade de despacho.

O âmbito deste estudo baseia-se em dados de tempo de ocorrência, isto é, efectuar-se-á uma análise dos tempos decorridos até que se registem cancelamentos ou atrasos superiores a quinze minutos nas partidas de voos comerciais, da frota de aeronaves do modelo A330.

A aplicação de modelos e procedimentos específicos para dados de tempos de ocorrências, provém da necessidade de obter métodos de análise que contemplem valores censurados, isto é, quando não se conhece o momento exacto em que se regista o atraso ou cancelamento.

Com base no histórico, pretende-se identificar os sistemas-avião que apresentam maior nível de deterioração, causando atrasos nas partidas e contribuindo para o aumento dos custos de manutenção.

1.2 Estado da Arte

A crise mundial tem sido, sem dúvida, a manchete dos órgãos de comunicação. O sector da aviação não ficou impune, sendo fortemente atingido. No ano de 2009, a actividade aeronáutica presenciou um dos piores anos da sua história, testemunhando um elevado número de falências (Relatório Anual 2009, 2010). Recentemente, a par da crise mundial, aliou-se o imprevisto da Natureza, a nuvem de cinzas vulcânicas resultantes da súbita erupção do vulcão islandês *Eyjafjallajokull*, sobre o espaço aéreo europeu. Este imprevisto teve proporções catastróficas, que segundo a *IATA*, custaram às companhias aéreas 150m€ por dia.

Tem-se procurado progressivamente reduzir os efeitos da conjuntura económica mundial, através de políticas de controlo de custos e reorganização (Relatório Anual 2009, 2010).

Quanto às crises provocadas pela natureza, podem ser geridas mas não impedidas. Porém, nos factores que podem ser controlados, ou seja, falhas de carácter humano como: atrasos de passageiros; extravio de bagagens e falhas técnicas como: danos nas aeronaves; carências de manutenção. Para estes factores existe ainda espaço para melhorias, sendo esse o intuito real deste trabalho, que se vai focar essencialmente nos atrasos imputados à manutenção.

A imagem da figura seguinte - publicação gentilmente permitida pela AIRBUS - surge na sequência de uma proposta de análise de fiabilidade dos A330 proveniente de um estudo conjunto entre a TAP e a AIRBUS.

Na figura seguinte, é possível observar a representação gráfica dos níveis de fiabilidade de despacho operacional tendo em conta a utilização média diária para as frotas A330, de diversas companhias aéreas, as quais se encontram omissas devido a termos de confidencialidade.

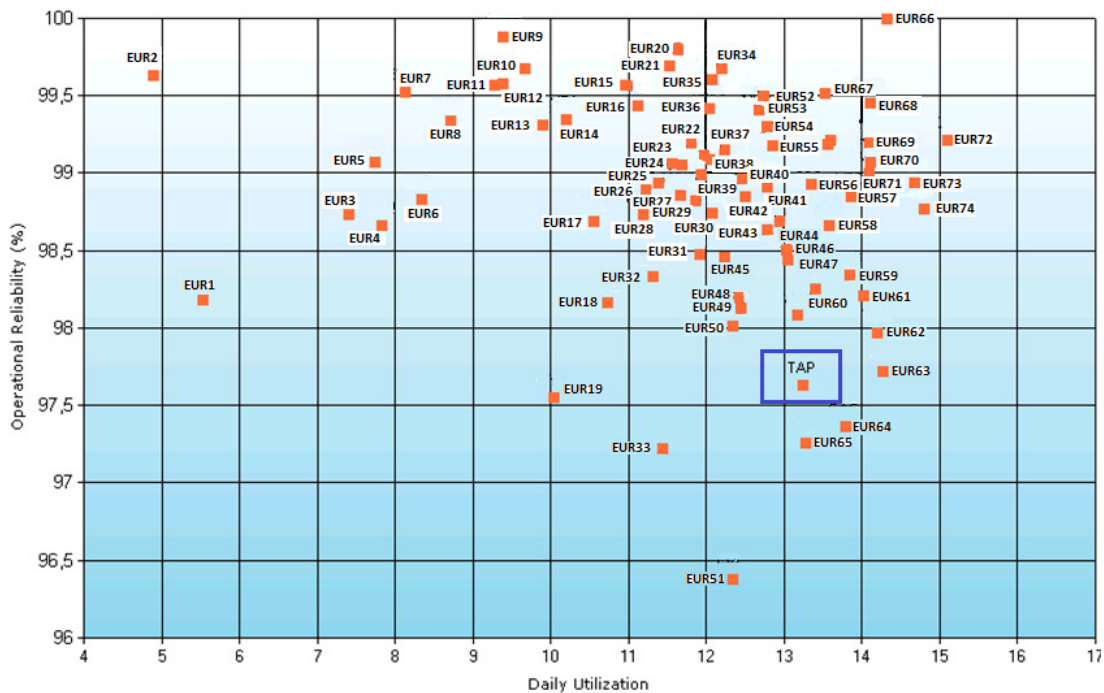


Figura 1.1 - Fiabilidade de Despacho das frotas A330.

Observa-se que a fiabilidade de despacho da frota se encontra acima dos 97,5% enquanto que, os valores da maioria das restantes companhias revelam-se superiores. Porém, é fundamental a análise da utilização média diária¹, que para a frota de A330 TAP é superior a 13 horas diárias, valor relativamente elevado quando comparado com as demais companhias.

1.3 Objectivos

O trabalho tem como objectivo finalizar o grau académico a que me proponho, aplicando os conhecimentos adquiridos, procurando especificamente aprofundá-los na área da manutenção e fiabilidade.

Uma vez que o trabalho foi desenvolvido numa organização, pretende-se ir de encontro às necessidades identificadas pela própria empresa, desenvolvendo este trabalho com o intuito de criar valor para a mesma.

As especificidades do sector onde a presente dissertação foi desenvolvida, obrigaram à obtenção de diversas valências, no âmbito da estrutura e funcionamento orgânico da empresa (TAP M&E), bem como todo o enquadramento legal que regula o sector aeronáutico.

O presente estudo tem como objectivo primordial, identificar os sistemas-avião da frota A330 que registam mais ocorrências, isto é, que provocam cancelamentos ou atrasos nas partidas comerciais², superiores a quinze minutos, das aeronaves. Sendo essas avarias intrínsecas à aeronave são, por conseguinte, imputadas à área de manutenção.

Pretende-se também responder aos requisitos de um trabalho de investigação, através da aplicação de uma metodologia de análise estatística das ocorrências registadas nas aeronaves, que constituem o sistema reparável em estudo. Para tal, propõe-se a aplicação do Modelo de Riscos Proporcionais de *Cox* e o método de *Kaplan-Meier*, com o objectivo de identificar, primeiramente, o conjunto de aeronaves mais crítico e em

¹ A média diária de horas de voo para uma aeronave em serviço.

² Existem também voos de posição e de ensaio, que no presente estudo não serão contabilizados.

seguida os sistemas e subsistemas que apresentam com maior criticidade a nível de fiabilidade e de função de risco.

1.4 Metodologia

A metodologia adoptada no presente estudo, pretende casar os conceitos de fiabilidade de despacho operacional com o conceito de análise de dados de sobrevivência, para que se possam alcançar os objectivos descritos anteriormente.

Estabelecidos os objectivos, iniciou-se o estudo com a revisão da literatura relacionada com o tema.

Os desenvolvimentos práticos estão inseridos em dois grupos. Numa primeira etapa far-se-á uma análise num âmbito global, relativamente a uma frota de doze aeronaves do modelo A330, constituída por sete aviões da variante A330-223 e por cinco aeronaves da variante A330-202.

A análise incide sobre os dados relativos a cancelamentos e a atrasos nas partidas comerciais, superiores a quinze minutos. O histórico das ocorrências reporta ao período temporal de 1 de Julho de 2008 a 30 de Abril de 2010, em que as doze aeronaves já se encontram ao serviço da companhia.

Na primeira fase da análise estatística, procede-se à avaliação da evolução da taxa de ocorrências aplicando o teste de *Laplace*. Obtêm-se também indicadores de desempenho como o *MTBF*. Em seguida, de forma a detectar quais as aeronaves com maior risco de cancelamento/atrasos nas partidas, aplicou-se o modelo de riscos proporcionais (*PHM*). Nesta etapa, determinou-se que o estudo da variante A330-223 revelar-se-ia mais interessante. Por conseguinte, na segunda fase do desenvolvimento prático, a análise incide apenas sobre esta variante.

Com o intuito de analisar quais os sistemas-avião que registam mais ocorrências e qual o seu peso relativamente à função de risco aplicou-se, aos sistemas constituintes da aeronave, o modelo de riscos proporcionais.

Devido ao elevado número de variáveis que se revelaram significativas para o modelo, seleccionaram-se as seis mais recorrentes e efectuou-se uma breve descrição e análise destes sistemas, permitindo estreitar ainda mais os resultados, sendo assim possível identificar o subsistema, de cada sistema, responsável pelas ocorrências.

As análises estatísticas não seriam possíveis sem o auxílio das aplicações informáticas *Excel* e do *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*.

1.5 Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, que estão inseridos em três Partes fundamentais, com o intuito de facilitar a consulta e de dissociar a informação apresentada em blocos distintos.

No entanto, devido à especificidade do vocabulário e dos conceitos utilizados no sector da aviação, pretendeu-se facilitar a leitura do presente documento explicitando alguns conceitos disponibilizados num glossário, imediatamente antes do primeiro capítulo.

A **Parte I** designa-se de Fundamentos Teóricos e envolve os Capítulos 1, 2 e 3. O **Capítulo 1 – Introdução**, apresenta de forma genérica o trabalho desenvolvido na dissertação. Nesta fase inicial são também descritos os objectivos que se ambicionam concretizar, bem como a metodologia aplicada para que estes sejam atingidos. É também descrita a forma como o documento está organizado. No **Capítulo 2 – Manutenção Aeronáutica**, é descrita a organização onde o presente estudo foi desenvolvido, assim como a estrutura hierárquica que regula o sector da aviação civil aeronáutica. É também apresentada a revisão bibliográfica das matérias de manutenção e de fiabilidade. Por fim descreve-se de forma concisa o Programa de Controlo de Fiabilidade da organização. Para finalizar a primeira parte, apresenta-se o **Capítulo 3 – Estatística das Falhas**, onde é exposta a pesquisa bibliográfica que suporta teoricamente, os modelos aplicados no desenvolvimento prático.

A **Parte II**, denominada de Desenvolvimentos Práticos, é composta pelos Capítulos 4 e 5. No **Capítulo 4 – Análise Estatística Global da Frota**, é exposta uma breve descrição do

modelo de aeronave em estudo e são explicitadas algumas particularidades da informação em análise. Inicia-se a análise estatística global do sistema reparável, em que o seu âmagos consiste em demonstrar, quais as aeronaves que contribuem para o decréscimo da fiabilidade de despacho da frota. Apresenta-se a análise cronológica das ocorrências, com o objectivo de detectar tendências. Aplicou-se o modelo de riscos proporcionais, de forma a detectar quais as aeronaves que influenciam, de forma significativa, o risco de atrasos/cancelamentos nas partidas comerciais. No **Capítulo 5 – Análise Estatística das Ocorrências Sistema-Avião**, a partir dos resultados obtidos no quarto capítulo, é apresentada uma análise idêntica à anterior. Porém, nesta etapa é possível apresentar conclusões mais específicas, isto é, serão identificados e analisados os principais sistemas-avião que se revelam mais problemáticos, bem como as respectivas causas e acções tomadas. No final dos capítulos 4 e 5 é apresentada uma breve discussão dos resultados obtidos.

Para finalizar apresenta-se a **Parte III**, designada por Conclusões Finais. Esta parte é constituída apenas pelo **Capítulo 6 – Conclusões**, onde se apresentam as conclusões gerais da dissertação e propõem-se temas a desenvolver em trabalhos futuros.

Os **Anexos**, não estando inseridos na estrutura principal, são relevantes na explicitação das diversas matérias abordadas ao longo da dissertação, através de formas ilustrativas, representações gráficas, etc. Estes são facultados em suporte digital (CD-ROM).

Capítulo 2

Manutenção Aeronáutica

2.1 Introdução**2.2 A Empresa****2.3 Estrutura Legislativa da Indústria da Aviação Comercial****2.4 Manutenção****2.5 Fiabilidade**

2.1 Introdução

O presente capítulo é iniciado com uma breve descrição da estrutura organizacional da empresa onde o estudo é desenvolvido. Numa primeira fase descrever-se-á a TAP Portugal e em seguida, a sua Unidade de Negócios de Manutenção e Engenharia. Será dada maior ênfase às áreas produtivas e de Engenharia. Devido à especificidade e complexidade da regulamentação do sector da aviação civil, é também apresentada a estrutura legislativa da indústria. Nos subcapítulos subsequentes, relativos à manutenção e à fiabilidade, são descritas as matérias no âmbito geral da indústria sendo efectuada a ponte desses conceitos, para a indústria aeronáutica.

2.2 A Empresa - TAP Portugal

A TAP Portugal é a companhia aérea Portuguesa líder de mercado, fundada a 14 de Março de 1945, sob a designação de Transportes Aéreos Portugueses. A Companhia voa actualmente para 64 destinos, difundidos por 30 países³ a nível mundial, facultando serviços de transporte de passageiros, carga e correio (TAP Cargo) (Princípios e Missão, TAP Portugal, 2010).

³ Consultar Anexo A.1.

Adoptou como centro de operações o aeroporto de Lisboa, tendo sido abraçada uma estratégia de *hub and spoke*⁴, “como forma de promover a correcta articulação entre os voos” (Relatório Anual 2009, 2010, pp. 105-107).

Em 2005, passou a integrar a *Star Alliance*, a maior aliança de companhias aéreas a nível mundial (Relatório Anual 2009, 2010, pp. 105-107).

Estrutura Organizacional da TAP

No final de 2009, a sociedade gestora de participações sociais da TAP, encontrava-se consolidada por um Grupo das Empresas constituído pela TAP – Transportes Aéreos Portugueses, SGPS, S.A. e por subdivisões da empresa, que se encarregam de tarefas específicas de um ramo de actividade. Na Figura 2.1, encontra-se representada a estrutura formal da organização (Relatório Anual 2009, 2010, p. 7).

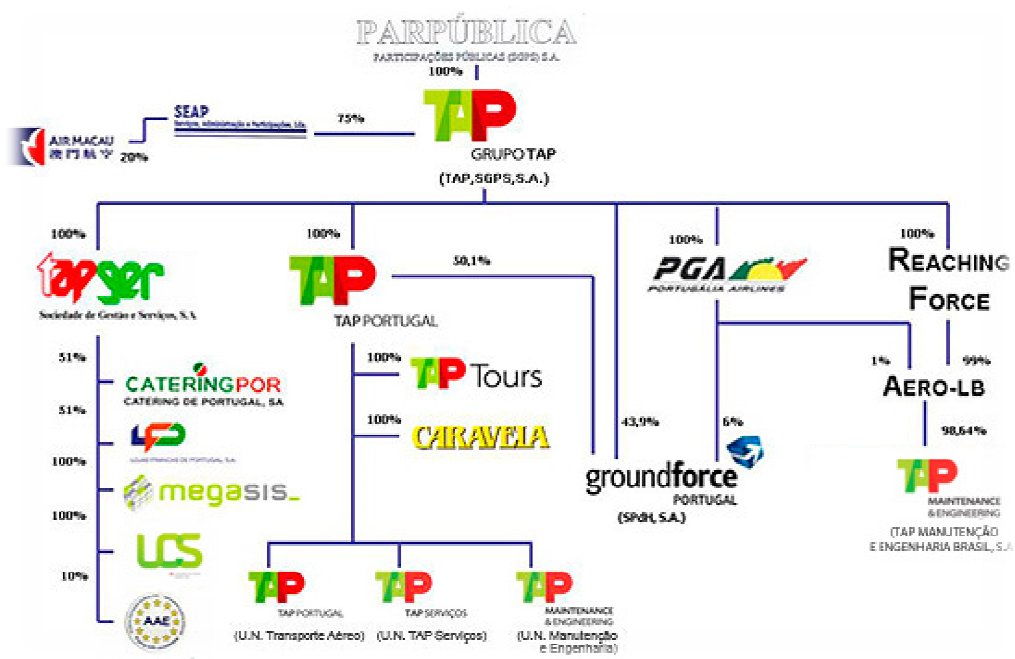


Figura 2.1 - Estrutura Accionista do Grupo TAP (Fonte: Estrutura Accionista do Grupo TAP, 2010).

Actualmente, o Grupo TAP, SGPS, S.A. é detido pela Parpública. O grupo é administrado

⁴ Designação dada a aeroportos que são os principais centros de operações de voos comerciais. Os passageiros trocam de avião no aeroporto seleccionado como *hub* e prosseguem para os seus destinos finais. Na prática, a rota *hub-and-spoke* significa um aumento do número de destinos de uma companhia aérea e possibilita o aumento do número de frequências.

segundo a filosofia de *corporate governance*⁵, onde os principais intervenientes são os accionistas e os membros do conselho de administração.

O Grupo TAP teve origem no ramo designado por TAP Portugal, sendo actualmente constituído por diferentes áreas de negócio, sob a mesma administração.

Na secção subsequente, será efectuada uma breve descrição da Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia, uma vez que o estudo é desenvolvido nesta área.

Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia

A responsabilidade da manutenção da frota TAP esteve sempre a cargo da Unidade de Negócios de Manutenção e Engenharia.

A Unidade de Negócio da Manutenção e Engenharia da TAP, está qualificada a prestar serviços de manutenção e engenharia para aviões, motores e componentes à Empresa e a Clientes Externos (actividade desenvolvida desde os anos 70), “com elevada qualidade e nas condições económicas mais favoráveis, contribuindo, activamente, para a manutenção dos elevados níveis de segurança, exigidos pela Indústria Aeronáutica, para a salvaguarda das condições de segurança de pessoas e bens e para a protecção do ambiente” (Relatório Anual 2009, 2010, p. 75).

PROVEITOS COM SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO A TERCEIROS
EUR MILHÕES

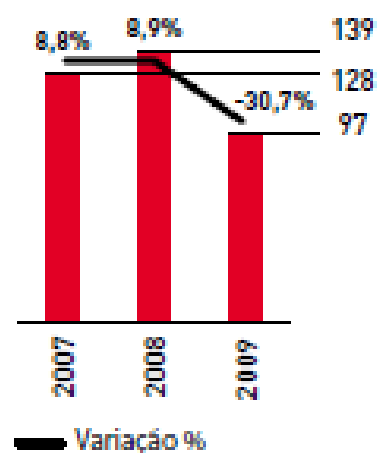


Figura 2.2 - Representação gráfica dos proveitos obtidos com a manutenção a terceiros (Fonte: Relatório Anual 2009, 2010, p. 76).

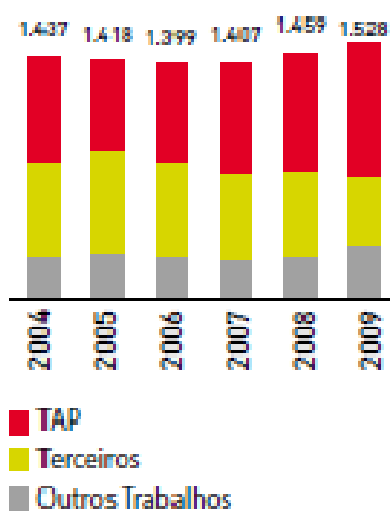
⁵ Consultar o artigo para mais informações sobre *corporate governance*: Moreira, J. M.; Gonçalves, H.; Oliveira, G. A. *Corporate Governance em Portugal*. Disponível em WWW: <URL: http://www.eben-spain.org/docs/Papeles/XII/Jose_Manuel_Moreira_y_otros.pdf>.

Nas suas instalações no Aeroporto de Lisboa, a TAP M&E, empregava 1.961 pessoas em 31 de Dezembro de 2009, adequadamente treinadas e qualificadas na prestação dos serviços facultados (Relatório Anual 2009, 2010, p. 75).

Em 2008, o segmento de negócio de serviços de manutenção prestados a terceiros, realizou o maior volume de facturação de sempre (Relatório Anual 2008, 2009, p. 76). No entanto, no ano de 2009 registaram-se proveitos com serviços de manutenção a terceiros, na ordem dos 96,6 milhões de euros, um decréscimo de 30,7% relativamente aos proveitos obtidos no período homólogo de 2008 (ver Figura 2.2) (Relatório Anual 2009, 2010, p. 75).

No ano de 2009 registou-se um dos piores resultados de sempre na história da actividade aeronáutica devido à conjuntura económica. “Tudo leva a crer que o sector da aviação vá ainda enfrentar mais alguns tempos de recessão. Por seu lado, a actividade de manutenção aeronáutica, *Maintenance Repair and Overhaul (MRO)*, tem demonstrado seguir o percurso dos operadores aéreos, com um atraso de cerca de 6 meses a 1 ano. Espera-se que as companhias aéreas tenham um ano 2010 muito difícil, a crise nas *MRO* irá provavelmente prolongar-se para 2011” (Relatório Anual 2009, 2010, p. 76).

MÃO-DE-OBRA DE MANUTENÇÃO
(000) HORAS-HOMEM



Apesar das quebras de actividade, registou-se um aumento em cerca de 4,7% em termos de horas de mão-de-obra de manutenção, face aos valores obtidos no ano de 2008. Nos trabalhos realizados para a frota TAP, registou-se uma variação positiva de 20%, assim como um crescimento de 36,3% em trabalhos de recuperação de material e às manufacturas. O segmento de Clientes Terceiros foi o único a registar uma quebra de 22,4%, contrariando os resultados positivos até então citados.

Figura 2.3 - Representação gráfica da Mão-de-obra (em Horas-Homem) de manutenção (Fonte: Relatório Anual 2009, pp.76).

Na Figura 2.4, encontra-se representada a estrutura organizacional da área de negócio de Manutenção e Engenharia.

Efectuando uma breve análise ao organograma, é possível distinguir claramente as áreas produtivas, das áreas de *staff* / apoio. As áreas produtivas, de manutenção de motores, aviões e componentes, possuem uma estrutura idêntica, englobante do corpo produtivo propriamente dito, constituída por *controller* financeiro, engenharia e qualidade, logística e planeamento e controlo. Relativamente às áreas de apoio, a sua função consiste em auxiliar as áreas produtivas.

Em seguida, será apresentado um breve resumo das áreas de manutenção de motores, aviões e componentes, que constituem o âmago desta unidade de negócio. Será também efectuada uma abordagem sumária à área de Engenharia, onde o estudo é desenvolvido.

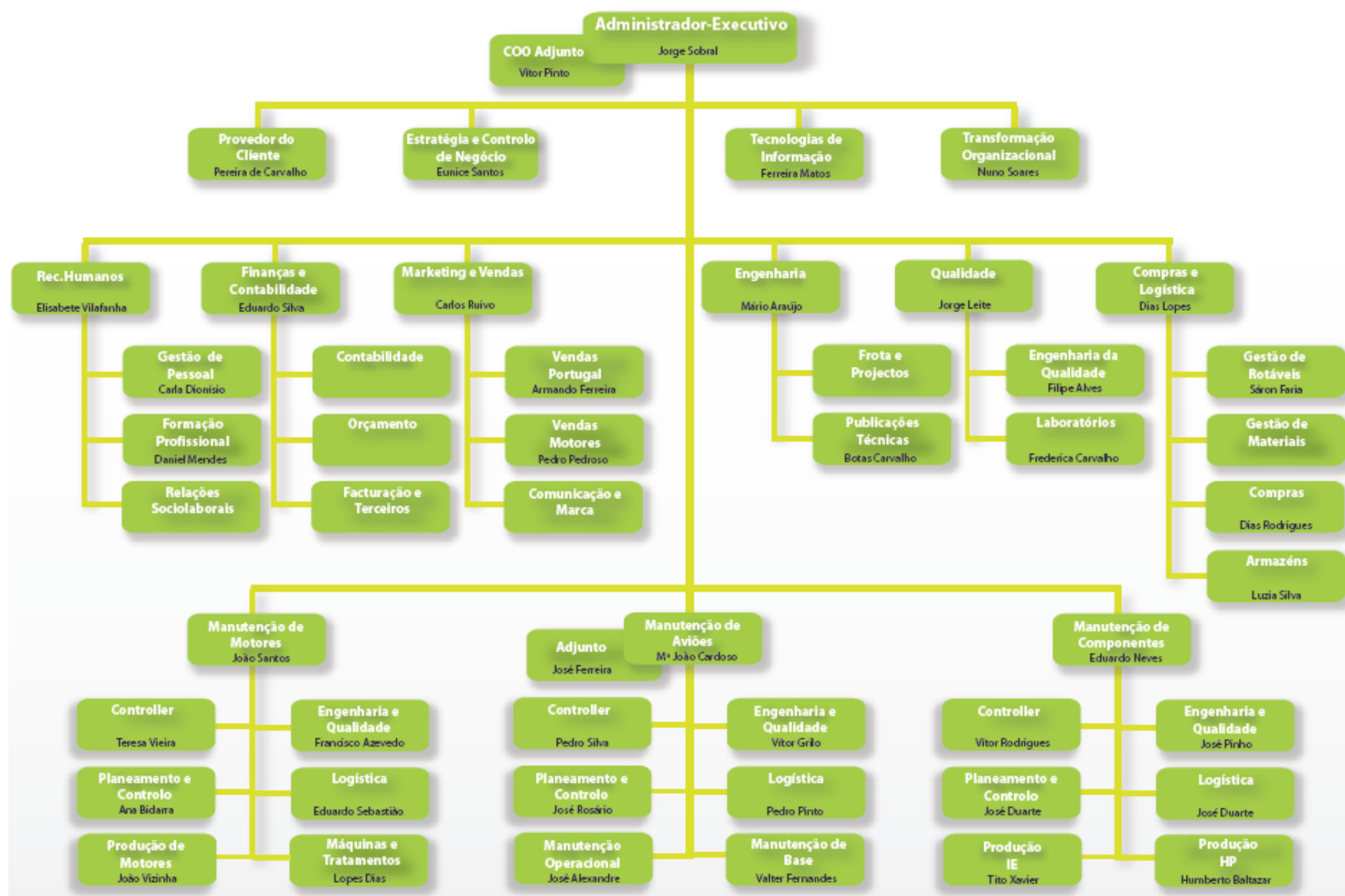


Figura 2.4 - Organograma da Unidade de Negócio de Manutenção e Engenharia.

Manutenção de Motores

Com mais de 40 anos de experiência em manutenção de motores de aeronaves, comerciais e militares, a oficina de Motores da TAP, dá assistência à frota da TAP Portugal e às frotas de Clientes externos (*Engine Maintenance*, 2010).



Figura 2.5 – Manutenção de Motores (Fonte: *Engine Maintenance*, 2010).

Apesar do motor se tratar de um componente e dos seus sistemas se encontrarem dissociados segundo o código *ATA iSpec 2200*⁶, este elemento é tratado de forma isolada. O tratamento “especial” deve-se ao facto

de se estar perante um componente específico, de extrema complexidade, com diversos subsistemas; dispendioso e de grandes dimensões.

A Manutenção de Motores tem como funções, “ a coordenação e prestação de serviços de inspeção, reparação e *overhaul* em motores da frota TAP e de clientes externos “ (Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E, 2010).

Esta área possui certificação para que possa realizar manutenção do tipo modular e do tipo *overhaul*. A manutenção modular é efectuada apenas a um conjunto do motor, isto é, nem todos os subconjuntos da unidade necessitam de intervenção. A manutenção do tipo *overhaul*, consiste no desmantelamento em *piece parts*, inspeção e substituição de peças se necessário, de forma a colocar o motor a “0 horas”. No entanto, o mesmo termo designa a capacidade de uma oficina de motores de avião, conseguir aplicar, em motores modernos, o conceito de *On-Condition MSG-3*.

Os conceitos de manutenção de material aeronáutico são impostos por filosofia de análise, em que a área de fiabilidade é fundamental. Esta área está intimamente ligada à certificação, pois para que uma aeronave seja certificada, é necessário conceber um programa de manutenção que assegure a segurança da sua operação, isto é, a

⁶ Refere-se ao modelo de numeração dos sistemas de aeronaves. A explicitação desta codificação encontra-se no Capítulo 4.

aeronavegabilidade. Determinados tipos de operações especiais impõem também que sejam cumpridas especificações adicionais, para que se possa obter certificação. Por exemplo, a certificação *ETOPS*⁷ só é mantida, caso os valores dos indicadores de fiabilidade, não extrapolem os valores limite obtidos através de indicadores de fiabilidade (Manual De Fiabilidade, 2009).

Manutenção de Aviões

A área da Manutenção de Aviões disponibiliza diversos serviços, desde a manutenção de linha⁸, até à grande manutenção. A sua capacidade produtiva encontra-se organizada em manutenção operacional e manutenção de base.

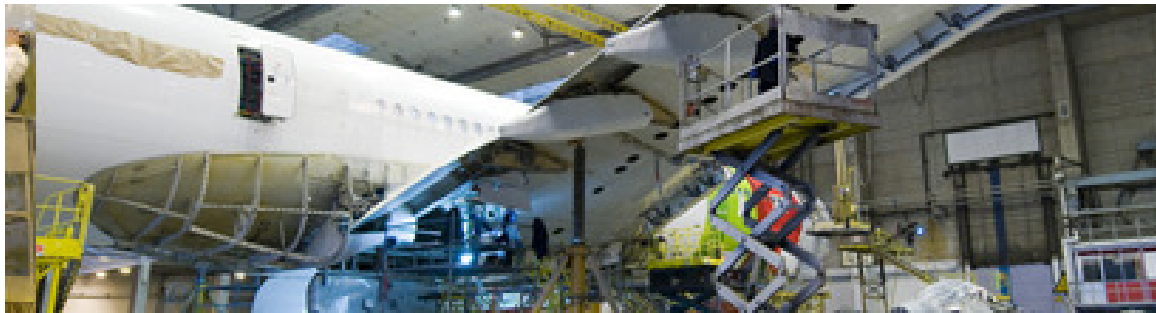


Figura 2.6 - Manutenção de Aviões (Fonte: *Aircraft Maintenance*, 2010).

Em relação à manutenção operacional, a actividade de laboração é executada em regime contínuo, em turnos em 24 horas durante todos os dias do ano. A manutenção operacional, coordena as áreas de manutenção de linha, controladores de manutenção e *troubleshooting*. Esta área tem capacidade para realizar serviços de inspecções de trânsito (T)⁹, diárias (T₁)¹⁰, semanais (T₂)¹¹, *troubleshooting*, resolução de avarias e gestão da manutenção em operação (Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E, 2010).

Na manutenção de base, executam-se trabalhos de manutenção de aviões em hangar, nos dias úteis, sendo este exercício efectuado em turnos de 24 horas. São realizadas acções de manutenção programadas, vulgarmente denominadas de inspecções tipo A¹², C

⁷ *Extended Twin Engine Operations*.

⁸ Manutenção realizada entre voos, correctiva ou preventiva (inspecção T, T₁ e T₂).

⁹ Manutenção realizada antes de cada voo.

¹⁰ Inspeção efectuada a cada 36 horas.

¹¹ Inspeção realizada a cada 8 dias.

¹² Realizadas a cada 600 FH.

ou Estruturais¹³ e de manutenção correctiva mais complexas, como por exemplo a substituição de um motor (Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E, 2010).

A manutenção de base mais profunda inclui inspecções de tipo C ou Estruturais e normalmente, na mesma imobilização das aeronaves, são também efectuadas modificações, reparações estruturais, programas de corrosão estrutural, renovação de cabines, decapagem e pintura.

Na divisão de Engenharia e Qualidade é efectuado o tratamento dos dados recolhidos, e por comparação com os registos anteriores, é possível efectuar a monitorização de parâmetros de fiabilidade que apoiam o Planeamento e Gestão da Frota (Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E, 2010).

A Manutenção de Aviões tem à sua disposição três hangares, com uma capacidade máxima que pode chegar a oito aviões *narrow-body*¹⁴ e três aviões *wide-body*¹⁵ (*Aircraft Maintenance*, 2010).

Manutenção de Componentes

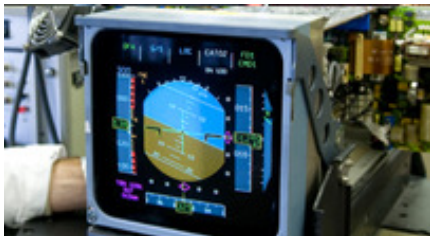


Figura 2.7 - Manutenção de Componentes (Fonte: *Components Maintenance*, 2010).

A manutenção de componentes conta com diversas capacidades oficiais. Entre elas, efectua revisões gerais, reparações, testes e modificações a mais de 15.000 componentes que equipam os aviões e os seus motores (*Components Maintenance*, 2010).

Na subestrutura da área de Manutenção de Componentes (consultar Figura 2.4), identificam-se como sub-áreas de produção, as de Instrumentação e Electrónica (MC/IE) e Hidráulicos de Pneumáticos (MC/HP).

¹³ Realizadas a cada 6/10 anos.

¹⁴ Aviões utilizados em rotas de médio curso, cuja cabina possui um corredor central.

¹⁵ Aviões utilizados em rotas de longo curso, uma vez que a fuselagem da aeronave é mais larga, possuindo maior capacidade para passageiros e carga. A cabina tem dois corredores ou coxias.

Área de Engenharia

É o órgão de engenharia que define as políticas de aquisição, manutenção e modificação de material de voo, garantindo também os padrões de segurança, fiabilidade, qualidade e rendibilidade, através da emissão de normas e procedimentos. Representa a Unidade de Negócios da Manutenção e Engenharia perante fabricantes, autoridades aeronáuticas e proprietários de aeronaves.

Nesta área, é também efectuado o controlo de fiabilidade e análise da eficiência dos programas de manutenção de aeronaves em operação, com o intuito de aperfeiçoar continuamente estes programas.

Apesar de cada área de produção possuir o seu serviço de engenharia (como se pode observar no organograma da Figura 2.4), centrado nas questões especializadas no seu âmbito de produção, a área aqui descrita faculta um conjunto de serviços adicionais, integrando e sintetizando a informação.

A área tem também a seu cargo a gestão da informação e documentação técnica intrínseca, como regulamentos e procedimentos internacionais (Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E, 2010).

É na área de Engenharia, sob a alçada da gestão de frota e da fiabilidade, que o presente estudo é desenvolvido.

2.3 Estrutura Legislativa da Indústria da Aviação Comercial

A natureza internacional do transporte aéreo e a intensificação das ligações durante o decorrer da segunda guerra mundial, tornou evidente a necessidade de criar um conjunto de regras e regulamentos relativos à actividade como um todo, o que está na génese da estrutura legislativa da indústria.

2.3.1 Entidades Aeronáuticas

No presente subcapítulo, apresentar-se-ão as principais entidades aeronáuticas, por ordem cronológica de instituição, bem como as suas missões.

ICAO – Interntional Civil Aviation Organisation

Em 1944, na Convenção de Chicago sobre a Aviação Civil Internacional, desenvolve-se o processo legislativo internacional de navegação aérea mundial e dá-se a fundação da *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, que devido a atrasos inevitáveis na ratificação da convenção, só em 1947 entrou em vigor (*Foundation of the International Civil Aviation Organization (ICAO)*).

A *ICAO* surge como a forma de assegurar a cooperação internacional, com um maior grau de uniformidade nos regulamentos, normas e procedimentos relativos às questões da aviação civil (*Foundation of the International Civil Aviation Organization (ICAO)*).

Com sede em Montreal no Canadá, a *ICAO* é uma agência das Nações Unidas, com funções de regulação, especialmente no que diz respeito à segurança de aeronaves, sendo também responsável pelos princípios e técnicas internacionais de navegação aérea. Todavia, a aplicação da regulamentação está a cargo das autoridades nacionais da aviação (Aust, 2002, pp. 588-590).

INAC – Instituto Nacional de Aviação Civil

Em cada estado membro da *ICAO*, são criadas autoridades aeronáuticas, responsáveis por determinado espaço geográfico, com a responsabilidade de transpor para a Legislação nacional os regulamentos elaborados pela organização internacional, mantendo o poder de decidir aderir ou não a cada regulamento, caso a caso.

Com sede em Lisboa, Instituto Nacional de Aviação Civil, I.P., abreviadamente designado por INAC, I.P. é um organismo central “com jurisdição sobre todo o território nacional, incluindo o espaço aéreo sujeito à jurisdição do Estado Português” (INAC, *Organização e Estrutura*), tendo como missão:

- Regulamentar e fiscalizar as actividades desenvolvidas no sector da aviação civil;
- Aplicar as directrizes provenientes dos organismos internacionais do sector da aviação civil, no espaço aéreo Português.

Na prossecução das suas atribuições, cabe ao INAC, colaborar e preparar diplomas legais na assessoria ao Governo; definir os requisitos e pressupostos técnicos de que dependem a concessão de licenças, certificações e autorizações no âmbito da aviação civil (INAC, *Legislação e Regulamentação*).

Relativamente às organizações de manutenção, o INAC emite Directivas de Aeronavegabilidade (AD) e Circulares Técnicas de Informação (CTI).

EASA – European Aviation Safety Agency

Com o intuito de que o transporte aéreo se mantenha seguro e sustentável e devido a factores de diversa ordem, como ao aumento do tráfego aéreo intra-europeu, ou a necessidade de diálogo da União Europeia com a autoridade de aviação civil Norte Americana, após o ataque terrorista de 11 de Setembro de 2001, surge a necessidade de desenvolver iniciativas a nível europeu.

Em 2002, é criada a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), com sede em Colónia, na Alemanha.

A EASA é um organismo da União Europeia, com autoridade legal para implementar os seus regulamentos, sendo responsável perante os Estados-Membros e as instituições da UE, na área da segurança aeronáutica (EASA, *Agência Europeia para a Segurança da Aviação*, 2010).

A sua missão visa auxiliar a União Europeia, na preparação e desenvolvimento de normas de segurança da aviação, protecção ambiental no sector da aviação civil e monitorização da aplicação de normas. A agência presta também a sua contribuição técnica, no desenvolvimento de acordos, a nível mundial; emite certificados de tipo, ou seja, certifica

modelos específicos de aeronaves, motores ou peças aprovados para operação na União Europeia.

Uma organização que pretenda obter a aptidão legal para conservar uma aprovação que permite a realização de manutenção de aeronaves seus motores e componentes, encontra-se sujeita aos requisitos dispostos no Regulamento de Base Nº 216/2008, de forma a que a aeronavegabilidade de produtos aeronáuticos seja assegurada (*Commission Regulation (EC) No 216/2008, 2008*).

Na figura seguinte, encontra-se a representação esquemática da regulamentação de base, onde se podem observar as respectivas subdivisões.

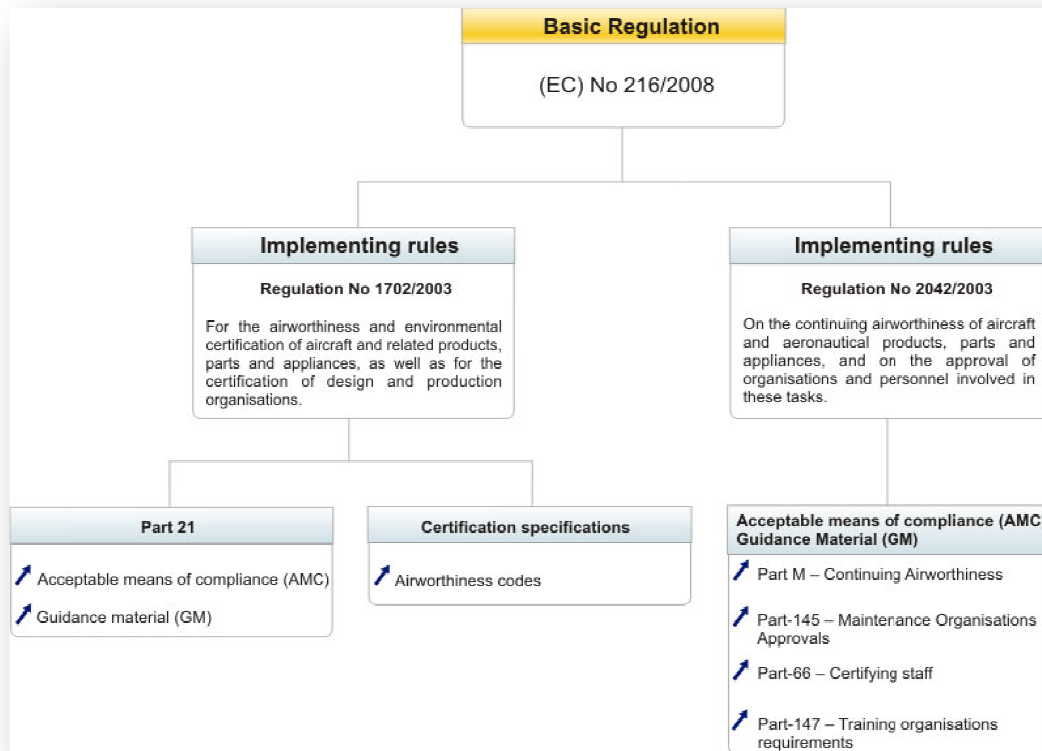


Figura 2.8 - Estrutura da regulamentação de base (EC) No 216/2008 (Fonte: EASA, 2010).

A regulamentação encontra-se subdividida em: certificação inicial ambiental e de aeronavegabilidade das aeronaves, produtos e componentes relacionados e respectivas organizações de projecto e produção (*Commission Regulation (EC) No 1702/2003 – Parte*

21, 2003, pp. 6-74); e em regulamentação para conservação da aeronavegabilidade permanente das aeronaves, produtos e componentes relacionados, respectivas organizações e pessoal envolvido (*Commission Regulation (EC) No 2042/2003*, 2003, pp. 1-165).

A EASA tem também a seu cargo, a elaboração de documentos não vinculativos, como *Acceptable Means of Compliance (AMC)* e *Guidance Material (GM)*, que têm como objectivo facilitar a aplicação, pelos Estados-Membros, do regulamento de base e suas regras de execução (EASA, *Acceptable Means of Compliance (AMCs)* , 2010). Nesta documentação, encontram-se as especificações e exemplos dos requisitos necessários à obtenção da certificação de aeronavegabilidade permanente dos equipamentos (*Part M*); certificação de organizações de manutenção aeronáutica (*Part 145*); certificação dos colaboradores envolvidos na manutenção aeronáutica (*Part 66*) e à certificação de organizações de formação profissional da especialidade (*Part 147*) (EASA, *Acceptable Means of Compliance and Guidance Material* , 2010).

Para além da certificação, a agência emite também documentação quer de carácter mandatório, quer de carácter informativo, como *Certifications Specifications*¹⁶; *Airworthiness Directive*¹⁷; *Safety Information Bulletin*¹⁸.

Com o intuito de harmonizar normas e incitar as melhores práticas de segurança na aviação, a EASA desenvolve actualmente relações de colaboração com entidades homólogas a nível mundial, como a ICAO, a *Federal Aviation Administration (FAA)* nos Estados Unidos da América e com as autoridades da aviação do Canadá, Brasil, Israel, China e Federação Russa (EASA, *Agência Europeia para a Segurança da Aviação*, 2010).

¹⁶ Especificações técnicas sobre produtos. Nomeadamente, aeronaves de grande dimensão, motores, planadores, emissões, ruído, etc.

¹⁷ Documentos de cumprimento obrigatório, normalmente suportados por informação dos fabricantes. É frequente que surjam ADs como resultado de investigação de acidentes/incidentes ocorridos em operação ou detectados pelos fabricantes.

¹⁸ São documentos de informação unicamente, não contêm instruções mandatórias, que não obstante são valorizados pela indústria no âmbito de uma cultura em que a segurança de operação é um valor fundamental.

2.4 Manutenção

Na Norma Portuguesa de terminologia para manutenção, o conceito de manutenção é descrito como sendo resultado da “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida” (NP EN 13306, 2007).

Nas organizações, a área da manutenção representa, normalmente, um grande peso nos custos totais de operação, constituindo assim uma área com enorme potencial para melhorias a curto prazo. Atrasos, produtos fora de especificação, tempo previsto para as operações de manutenção e os custos de manutenção tradicionais - como horas extras e reparação de componentes - geralmente são os principais factores que contribuem para as despesas de manutenção anormais nas organizações (Mobley, 2004, pp. 1-2).

A falta de dados concretos que quantifiquem a real necessidade de reparação ou manutenção de máquinas, instalações, equipamentos e sistemas é a principal razão para a ineficácia desta gestão.

O impacto da operação de manutenção na qualidade do produto, custos de produção, e consequentemente, sobre os lucros, é muitas vezes ignorado nas organizações. A convicção geral é de que a manutenção "é um mal necessário" ou "nada pode ser feito para melhorar os custos de manutenção". Estas afirmações, seriam verdadeiras à décadas atrás. No entanto, a evolução tecnológica pode ser utilizada para monitorizar a condição de funcionamento de sistemas, equipamentos e máquinas, fornecendo meios de controlo da operação de manutenção. A evolução tecnológica, proporcionou ainda os meios para reduzir ou eliminar reparações desnecessárias, evitar falhas totais dos equipamentos e reduzir o impacto negativo das operações de manutenção na produção (Mobley, 2004, pp. 1-2).

2.4.1 Filosofia *MSG* e Metodologia *RCM*

No final dos anos 50, antes do lançamento do primeiro Boeing 747, a indústria de aviação comercial enfrentava cerca de 60 acidentes por milhão de descolagens, em que cerca de 40 deles foram causados por falhas nos equipamentos. Este número de acidentes, significava que eram necessárias medidas drásticas que levassem ao aumento da segurança. Depreendeu-se que a solução para o problema estaria no aumento das intervenções da manutenção. No entanto, constatou-se que em muitos casos, o aumento da manutenção contribuía para a degradação do nível de fiabilidade (Reyes-Picknell, 2005, pp. 1-8).

Com o intuito de avaliar os métodos de manutenção utilizados e sugerir alternativas, os funcionários da *United Airlines*, Tom Matteson, Stan Nowlan e Howard Heap, definiram o processo designado por *Reliability Centered Maintenance (RCM)* – Manutenção Centrada na Fiabilidade (Lucatelli e Ojeda, 2001), publicado em livro com o mesmo nome. Em 1968, vinte anos de testes e pesquisas na aviação comercial americana, culminaram com a criação de um documento designado por *MSG-1*, Avaliação de Manutenção e Desenvolvimento do Programa com o intuito de ser utilizado no Boeing 747. O documento foi actualizado e os procedimentos foram generalizados, para que a lógica pudesse ser aplicada ao McDonald Douglas DC-10 e o Lockheed L-1011, dando origem em 1970 ao *MSG-2*, Documento de Planeamento de Programa de Manutenção para Companhias Aéreas/Fabricantes de Aviões – ambos os documentos foram patrocinados pela ATA (Anderson e Neri, 1990, pp. 13-53).

As filosofias *MSG-1* e *MSG-2* utilizam decisões lógicas uniformizadas, de forma a prever em que altura um componente ou sistema, necessitará de acções de manutenção. Estas filosofias identificam quais os processos de manutenção necessários para reparar o componente, até o colocar na sua condição inicial. Estes processos, foram designados de *Hard-Time (HT)*, *On-Condition (OC)* e *Condition Monitoring (CM)* (Kinnison, 2004, pp. 16-18).

Em 1972, os fabricantes europeus efectuaram algumas alterações ao *MSG-2*, resultando no procedimento utilizado na Europa, denominado por *EMSG* (Kinnison, 2004, p. 16).

Devido à utilização de filosofias orientadas para o processo, os programas de fiabilidade baseavam-se em medidas reactivas. Todavia, devido à necessidade de melhoria contínua da fiabilidade das aeronaves e com o intuito de aumentar a sua disponibilidade, em 1980 a *ATA* introduziu o *MSG-3* - Documento de Desenvolvimento de Programa de Manutenção para Companhias Aéreas/Fabricantes de Aviões. O *MSG-3* constitui uma grande revisão ao *MSG-2*, muito influenciada em Nowlan e Heap de 1968, não obstante retendo a tradição iniciada pelos documentos *MSG* anteriores e mantendo o conceito original.

O *MSG-3* baseia-se numa filosofia orientada para a tarefa, no desenvolvimento do *Maintenance Planning Document (MPD)*. A essência do processo continua a ser a utilização de uma lógica de decisão durante o desenvolvimento de um programa de manutenção que, preserve os níveis de segurança e fiabilidade para os quais foram projectados, ao menor custo possível (Anderson e Neri, 1990, pp. 13-53).







Segundo esta lógica, pretende-se manter a fiabilidade da unidade actuando de forma proactiva, isto é, pré-determinam-se tarefas de manutenção de forma a evitar falhas em serviço. Para os componentes ou sistemas para os quais as taxas de falha não são possíveis de prever, ou para os que não têm tarefas de manutenção associadas, geralmente são monitorizadas através do programa de fiabilidade. São também utilizados equipamentos redundantes, para que, caso ocorram falhas em serviço, a segurança e a operação nunca sejam comprometidas (Kinnison, 2004, pp. 15-16).

O Departamento de Defesa Americano após requerer um relatório sobre o estado da arte da manutenção na aviação a Stanley Nolan e Howard Heap, constatou que a aviação comercial havia descoberto uma abordagem revolucionária da manutenção programada, passou também a fazer uso prático dessas informações, desenvolvendo processos de *RCM* para própria utilização (Lucatelli e Ojeda, 2001).

O *RCM* consiste essencialmente numa metodologia que, pode ser definida como “ um método sistemático para determinar quais devem ser os requisitos de manutenção de forma a assegurar que qualquer equipamento continue a desempenhar as funções requeridas no seu contexto operacional” (Assis, 2004, p. 24).

Os estudos de falhas da aeronave de Stan Nowlan e Howard Heap procuraram correlações entre essas falhas e a manutenção realizada. Constatou-se que em muitos dos casos, o aumento da manutenção foi um factor que contribui para muitas das falhas. Foram detectados seis padrões de probabilidade condicional de falha (Reyes-Picknell, 2005, pp. 1-8).

Tabela 2.1 - Padrões de taxas de falha (Adaptado de: Kinnison, 2004, p.10).

	<p>A. É representada pela curva da banheira. A taxa de falhas é elevada no início de vida do equipamento (devido a falhas no design, utilização incorrecta). Uma vez corrigidas as falhas iniciais a taxa estabiliza até ao final da vida útil, altura em que a curva aumenta rapidamente devido ao limite físico dos materiais ter sido atingido (4%).</p>
	<p>B. Apresenta um aumento ligeiramente crescente da taxa de falhas característica, ao longo da vida do componente, até que um período definido de desgaste é exibido no final (2%)</p>
	<p>C. Descreve os componentes com taxa de falha a aumentar ligeiramente, sem período de mortalidade infantil, e sem período de desgastes visíveis mas, em determinado momento, torna-se inutilizável (5%)</p>
	<p>D. Quando novo, apresenta taxa de falhas baixa, que se eleva a um certo nível estável, onde permanece durante o restante tempo de vida do sistema reparável (7%)</p>
	<p>E. Representa um sistema reparável ideal: sem mortalidade infantil nem período de desgaste, a taxa de falha é constante em toda a sua vida (14%)</p>
	<p>F. Sistemas reparáveis com mortalidade infantil seguido por uma taxa de falhas constante, durante o resto do seu período de vida. Não tem um período de desgaste definido (68%).</p>

Realça-se o facto de que estas aproximações são aplicáveis apenas a sistemas reparáveis e não a componentes.

Pela Tabela 2.1 é possível constatar que na aviação civil, 4% dos sistemas têm uma taxa de falhas que pode ser caracterizada pelo gráfico do modelo A, 2% pelo modelo B, 5% pelo modelo C, 7% pelo modelo D, 14% pelo modelo E, destacando-se o modelo F dos restantes, uma vez que 68% dos sistemas reparáveis assumem este padrão (Kinnison, 2004, p. 10).

Estes resultados opõem-se à convicção corrente, de que havia uma ligação entre a idade e a fiabilidade operacional, isto é, que quanto maior a manutenção de um item, menor é a probabilidade de falha. Na verdade, as inspecções programadas, muitas vezes aumentam as taxas de falha globais do sistema reparável, uma vez que é introduzida mortalidade infantil através da substituição unidades/componentes (Reyes-Picknell, 2005, pp. 1-8).

Actualmente, a aviação comercial é considerada a forma mais segura de viajar, assinalando-se menos de dois acidentes por cada milhão de partidas comerciais (Reyes-Picknell, 2005, pp. 1-8).

Registou-se também uma diminuição das despesas relacionadas com equipamento, de 40 milhões, para 0,3 milhões de euros. O transporte aéreo comercial de hoje é extremamente seguro, com uma média de uma falha por mês, tendo-se verificado melhorias extremamente significativas no desempenho da indústria, relativamente aos anos 60 e 70 (Reyes-Picknell, 2005, pp. 1-8).

O relatório de Nolan e Heap e o *MSG-3* formam a base para programas de manutenção centrados na fiabilidade na indústria aeronáutica e para programas derivados como o *RCM 2*, utilizado nas diversas áreas da indústria (Lucatelli e Ojeda, 2001).

2.4.2 Tipos e Estratégias de Manutenção

Uma vez introduzido o conceito de manutenção e o seu impacto nas operações, é também de extrema relevância compreender os tipos e estratégias de manutenção utilizados na indústria. Os diversos tipos de manutenção, assumem diferentes

designações consoante as obras consultadas. Os tipos de manutenção e as respectivas subdivisões expostas na presente dissertação são propostas em Assis (2004).

Nesta secção, será também efectuada a ponte entre os tipos de manutenção industrial e as correspondentes designações utilizadas no âmbito da manutenção aeronáutica.

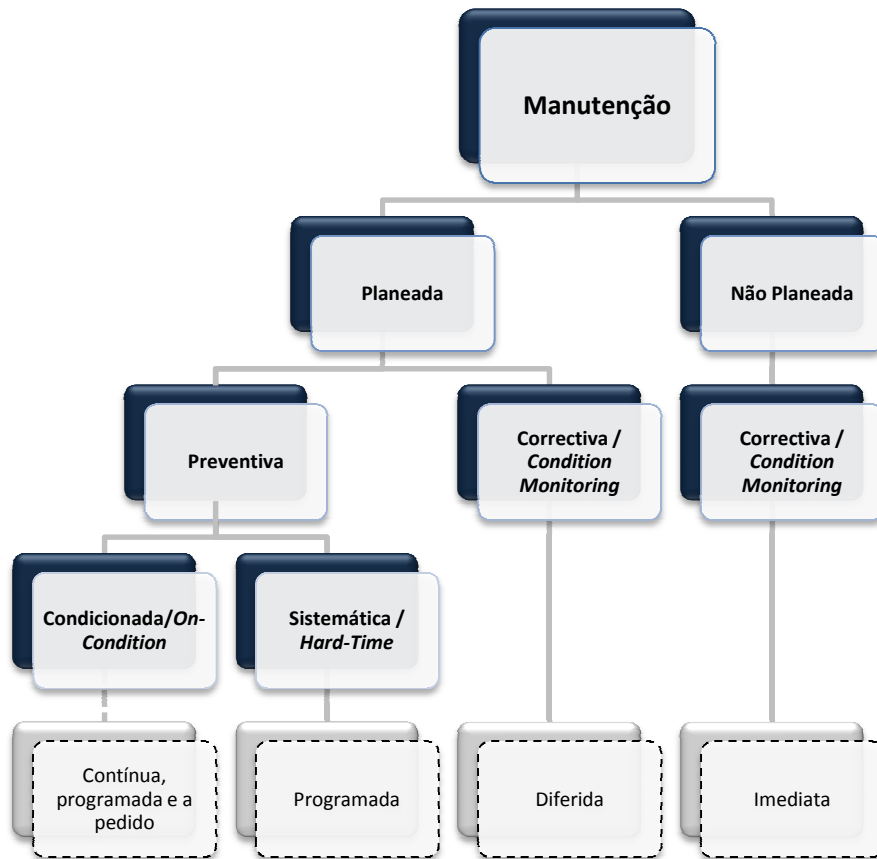


Figura 2.9 - Esquema representativo dos diferentes tipos de manutenção (Adaptado de: NP EN 13306 (2007) e Assis (2004)).

2.4.2.1 Manutenção Preventiva

Manutenção Industrial

Com a finalidade de evitar falhas e de forma a identificar e conseqüentemente, reparar falhas latentes, isto é, falhas em elementos redundantes que não são passíveis de se detectar durante a normal operação dos equipamentos, recorre-se à manutenção preventiva (Biolini, 2006, pp. 233-236).

Este tipo de manutenção é extremamente importante na actividade de manutenção, representando, dentro de uma organização, uma parte importante do esforço de manutenção total. Este tipo de abordagem de gestão de manutenção consiste essencialmente na realização de tarefas sistemáticas, como a lubrificação, a execução de alguns ajustes planeados, com o objectivo de que sejam mantidos níveis aceitáveis de fiabilidade e de disponibilidade dos equipamentos (Mobley, 2004, p. 9). A realização deste tipo de tarefas tende a evitar e minimizar o tempo de inactividade não programado, bem como os danos prematuros dos equipamentos, que resultam na necessidade de actividades de reparação e, por conseguinte, em perdas de produção (Dhillon, 2006, pp. 143-145).

A manutenção preventiva é sempre planeada, isto é, efectua-se em intervalos de tempo pré-estabelecidos, com o intuito de que a probabilidade de degradação dos equipamentos ou componentes diminua (NP EN 13306, 2007).

Segundo Assis (2004), a manutenção preventiva pode ainda ser classificada em condicionada ou sistemática.

A manutenção preventiva condicionada, baseia-se na monitorização do funcionamento dos equipamentos, através do controlo de parâmetros desse funcionamento (análise de vibrações; ruído; temperatura) que permitem aferir acerca da degradação dos mesmos (Assis, 2004, pp. 170-171).

Relativamente à manutenção preventiva sistemática, é efectuada em intervalos de tempo previamente determinados. As intervenções são efectuadas quando uma determinada condição se verifica, por exemplo, quando um componente atinge um determinado número de horas de funcionamento. Com base no conhecimento de degradação do equipamento e do seu risco de falha, estabelece-se o intervalo de tempo entre o qual o equipamento deve ser objecto de uma nova intervenção (Assis, 2004, pp. 170-171), isto é, a acção de manutenção desencadeia-se no período de tempo determinado, sem que haja a necessidade de previamente, controlar o estado do bem (NP EN 13306, 2007).

Em seguida, será apresentado um quadro síntese, com as vantagens e os inconvenientes deste tipo de manutenção (Dhillon, 2002, p. 85):

Tabela 2.2 - Tabela síntese das vantagens e inconvenientes da aplicação de manutenção preventiva sistemática (Adaptado de: Dhillon, 2002, p.85).

Manutenção Preventiva Sistemática	
Vantagens	Inconvenientes
Aumento da disponibilidade dos equipamentos	Exposição de equipamentos a possíveis danos
Carga de trabalho equilibrada	Utilização de um número de peças mais elevado
Redução do número de horas extra-ordinárias	Aumento dos custos, derivado a um aumento das acções de manutenção
Consistência na qualidade	Falhas em novas peças/componentes
Redução de equipamentos em espera	
Normalização de procedimentos, custos e tempos	

Este tipo de manutenção é vantajosa, enquanto os custos associados à manutenção correctiva e à manutenção preventiva sistemática, se mantiverem na mesma ordem de grandeza. Porém, esta afirmação não pode ser transposta para a manutenção aeronáutica na medida em que a segurança se sobrepõem aos custos.

Manutenção Aeronáutica

A indústria aeronáutica também aplica diversos tipos de manutenção, sendo possível efectuar a equiparação da manutenção preventiva sistemática ao conceito de manutenção denominado por *Hard Time*, e a manutenção preventiva condicionada, ao conceito de manutenção *On-Condition*, extensamente aplicado a sistemas e a componentes de aeronaves desde a publicação da norma *ATA MSG-3*.

Na aviação, o processo de prevenção de falhas é designado por *Hard Time (HT)*. Neste processo, a unidade é removida da aeronave, efectua-se uma revisão que irá permitir a recuperação, total ou parcial, ou até mesmo a rejeição da unidade antes de exceder um intervalo específico. O intervalo de tempo entre o qual deve ser executada uma intervenção deste tipo, pode ser especificado pelo tempo calendário, pelo intervalo de inspecção do motor ou do avião (troca de motor, inspecção tipo C), por número de ciclos, horas de voo ou em combinação com outro processo (*On-Condition*, por exemplo) (Kinnison, 2004, pp. 18-19).

A acção de revisão é realizada antes de exceder o intervalo de tempo especificado, para os diferentes componentes. A recuperação de um componente irá colocá-lo numa condição que garanta um funcionamento satisfatório até à próxima remoção agendada, restaurando a vida teórica, pressupostamente. Idealmente, intervenções do tipo *HT* seriam aplicadas a componentes que falham em alturas previsíveis de operação (por exemplo, ao fim de X horas de voo). Esses componentes seriam então substituídos no período de manutenção programado, imediatamente anterior ao acúmulo de X horas, e por conseguinte, o operador receberia o número máximo de horas do componente e este, nunca falharia em serviço (Kinnison, 2004, pp. 18-19).

HT é também aplicado a unidades que têm um efeito negativo directo sobre a segurança, a unidades sujeitas a degradação da fiabilidade com a idade, mas sem que a verificação do estado dessas unidades, seja possível de aferir. Inspeções estruturais, revisão do trem de aterragem e substituição de componentes do motor - com vida útil limitada – são exemplos em que o controlo é efectuado pelo *HT*. Frequentemente, as ligações mecânicas, bombas e motores hidráulicos, motores eléctricos e geradores, sujeitos a um ciclo de desgaste definido, serão também identificados como *HT*. Para unidades/componentes cujos períodos de desgaste estão bem definidos, a manutenção do tipo *HT* é provavelmente o processo mais económico (Kinnison, 2004, pp. 18-19).

Analogamente, o processo *On-Condition* é designado por manutenção preventiva condicionada na indústria. O processo *On-Condition* é um procedimento preventivo de falhas, que requer o teste ou inspeções periódicas às unidades, atendendo a um padrão

físico adequado (limites de desgaste ou deterioração), de forma a ser possível determinar se a unidade em causa pode continuar em operação. Caso a unidade falhe o teste *OC*, deve ser reparada, de forma a que lhe seja conferida uma condição que garanta o seu bom funcionamento durante, pelo menos, um intervalo de tempo adicional. Caso não seja possível garantir o bom funcionamento da unidade após a sua reparação, a unidade é descartada (Kinnison, 2004, pp. 19-21).

Este tipo de manutenção preventiva é restrito aos componentes, equipamentos ou sistemas, cuja condição de aeronavegabilidade continuada, possa ser determinada, por medições, ensaios visuais ou outros métodos de ensaios não destrutivos. O controlo *OC* deve ser realizado dentro dos limites de tempo prescritos para cada inspecção. A determinação de aeronavegabilidade continuada *OC*, é uma inspecção quantitativa com tolerâncias específicas e/ou limites de desgaste, definidos nos manuais de manutenção do operador.

Se a verificação realizada fornecer informações suficientes sobre a condição e a resistência da unidade à falha, constituindo um argumento plausível em relação à sua condição de aeronavegabilidade permanente, a unidade está devidamente classificada como *OC*, até à sua próxima verificação agendada (Kinnison, 2004, pp. 19-21).

O processo *OC* engloba também a compilação periódica de dados (por *serial number*), que revelam a condição física de um componente, sistema ou reactor sendo possível, através da sua análise, a verificação da aeronavegabilidade continuada e/ou deterioração da resistência à falha e ainda iminência de falha. Exemplos de inspecções *OC* são: rasto dos pneus; inspecções programadas aos motores, com boroscópio¹⁹; análise ao óleo do motor; análise do desempenho do motor, durante o voo (Kinnison, 2004, pp. 19-21).

Em suma: A aplicabilidade de *OC* está limitada pela exigência de condições satisfatórias de medição ou pela previsão de falhas a partir de dados pertinentes.

¹⁹ O boroscópio é um instrumento utilizado para efectuar inspecções visuais remotas.

Caso seja possível garantir que determinada unidade pode continuar em operação, mediante as seguintes condições:

- Até à próxima inspecção *OC*, com uma probabilidade razoável, ou
- Se a evolução dos dados *OC* recolhidos fizerem prever falhas iminentes,

Então, o processo *OC* irá atingir o tempo máximo de vida dos componentes e reactores.

2.4.2.2 Manutenção Correctiva

Manutenção Industrial

Apesar do trabalho dispendido na fase de *design* para que os sistemas sejam fiáveis, a sua falha, por vezes revela-se inevitável, sendo mais adequada a concepção das partes de um sistema ou unidades de acordo com a filosofia *fit until failure* e conter os efeitos das falhas previsíveis na operação dos sistemas, por degradação graciosa da performance, por redundância, usando ambos métodos ou outros. São pois necessárias intervenções de reparação nos sistemas. Por conseguinte, a manutenção correctiva constitui uma actividade de extrema relevância, podendo ser definida como a acção de reparação realizada, devido à necessidade de restabelecer as condições de funcionamento para as quais o sistema foi projectado. A necessidade da tomada de acções correctivas deve-se a ocorrências de falhas, à necessidade de corrigir deficiências detectadas durante a manutenção preventiva, ou ainda para reparar um equipamento/unidade ao seu estado operacional (Dhillon, 2002, p. 87).

A manutenção correctiva pode ser programada e não programada. Quando se desenvolvem grandes falhas que podem ter consequências catastróficas, é efectuada manutenção correctiva de urgência e devido à sua imprevisibilidade, é classificada como manutenção correctiva não programada. No entanto, caso a falha seja gradual, como por exemplo o aumento do ruído, a acção de manutenção pode ser retardada ou programada de acordo com determinadas regras de manutenção, para ocasiões mais convenientes (Assis, 2004, p. 171).

Manutenção Aeronáutica

Analogamente, ao que na manutenção industrial geral se designa por manutenção correctiva, na indústria aeronáutica, a sua actividade homóloga é designada por *Condition Monitoring (CM)*.

O processo de *CM* é aplicado, quando nem *HT* ou *OC* devem ser aplicados, segundo a árvore de decisão imposta pelo *MSG-3*²⁰. Este tipo de processo envolve a monitorização de taxas de falha, remoções, etc., de componentes ou sistemas, que não têm um tempo de vida definido ou cujo seu período de desgaste não seja claro. Não existem tarefas de manutenção adequadas para avaliar o tempo de vida expectável de um componente *CM* e não existem requisitos que conduzam à substituição do mesmo, antes da sua falha. Nem o tempo, nem condições standard podem ser utilizados para controlar componentes em *CM* porque estes não possuem tais atributos. Portanto, componentes em *CM* operam até que a falha ocorra e a seja efectuada a sua substituição, sendo uma tarefa de manutenção não programada (Kinnison, 2004, pp. 21-22).

Este processo é aplicável a sistemas complexos, tais como aviónicos, componentes electrónicos e a qualquer outro componente ou sistema para os quais não existam formas de prever falhas. Tipicamente, os sistemas e componentes adequados para *CM* incluem equipamentos de navegação e comunicações, luzes, instrumentos, etc., cuja substituição não possa prever a aproximação de uma falha nem a melhoria do tempo de vida. Em aviação, *CM* é frequentemente aplicado a componentes cujas falhas não têm efeitos sérios na segurança ou aeronavegabilidade e são visíveis para os operadores, isto é, a unidades com redundância, e a equipamentos que não afectam, de todo, a aeronavegabilidade, tais como máquinas de café, lavatórios, sistemas de entretenimento de passageiros, etc. (Kinnison, 2004, pp. 21-22).

Em suma: A solução de problemas, actividades de diagnóstico que culminem na detecção de falhas e no respectivo isolamento, são acções de manutenção extremamente dispendiosas em termos temporais. Quando o problema se revela óbvio, regra geral, pode ser facilmente corrigido. No entanto, falhas intermitentes e ocultas revelam-se

²⁰ Árvore de decisão para consulta no Anexo A.2

como as mais morosas, todavia, com o correcto diagnóstico, as causas podem ser isoladas e posteriormente, corrigidas.

Por conseguinte, o principal desafio consiste na detecção de falhas incipientes, antes que levem à falha total, e à correcção dos defeitos, ao menor custo possível (Mobley, 2004, p. 9).

2.4.3 Organização de Manutenção Aeronáutica

Uma vez apresentadas a filosofia *MSG* e a metodologia *RCM*, neste subcapítulo descrever-se-ão os processos e a forma como os programas de manutenção são desenvolvidos, com o intuito de criar um programa eficiente e eficaz.

2.4.3.1 Génese dos programas de manutenção de aeronaves

O *Maintenance Planning Document*²¹ (*MPD*), elaborado pelos fabricantes, é o principal documento utilizado pelos operadores de aeronaves para desenvolver os seus próprios programas de manutenção, para cada tipo de aeronave. No *MPD*, constam os requisitos mínimos para a manutenção da aeronave. Cada operador deve individualizar o *MPD* baseando-se na sua capacidade de operação, nas condições ambientais, de manutenção e nas práticas e regras da autoridade reguladora local. No entanto, a maioria dos operadores adoptam as recomendações do fabricante, nos seus programas de manutenção, relativamente a inspecções ou a intervalos de substituição, tempos médios entre falhas, etc. (Al-Garni *et al.*, 2007).

As recomendações do fabricante baseiam-se em dados de teste. No entanto, é bastante provável que haja diferenças entre a fiabilidade verificada em operação no terreno e os resultados do teste de fiabilidade do fabricante. Por conseguinte, o operador pode ajustar o seu programa de manutenção, por exemplo, acrescentando tarefas baseadas na sua experiência de operação e nas condições ambientais, com o objectivo de otimizar a fiabilidade técnica de despacho para operação, devido a falhas inesperadas.

²¹ Sigla utilizada pela *AIRBUS*. A *Boeing* denomina este documento por *Maintenance Planning Data Document (MPD)* e a *McDonnell-Douglas* denomina por *On Aircraft Maintenance Planning (OAMP)*. (Kinnison, 2004, pp.28-29).

O desenvolvimento e aprovação do *MPD* está a cargo de um grupo denominado *Maintenance Review Board (MRB)*, constituído por representantes das entidades reguladoras, fabricantes e operadores. Por sua vez, o *MRB* estabelece grupos de trabalho, *Maintenance Working Groups (MWG)*, que auxiliam no desenvolvimento do *MPD* (Lecture Notes, pp. 1-36).

Cada grupo é constituído por elementos dos operadores, autoridades, fabricantes e especialistas de cada capítulo *ATA*. Os *MWG's* têm como principais funções, rever e aprovar a filosofia de análise proposta pelo fabricante (que será descrita na subsecção seguinte), fornecer uma lista inicial onde constam as tarefas mínimas e os respectivos intervalos de manutenção programada. As propostas dos *MWG's* são submetidas a um comité, *Industry Steering Group (ISG)*, que efectua uma triagem das mesmas e selecciona a informação que irá constar na proposta submetida ao *MRB*, denominada por *Maintenance Review Board Report Proposal*. Uma vez revista e aprovada pelo *MRB*, a proposta passa efectivamente a documento oficial *MRBR, Maintenance Review Board Report*, dando origem ao *Maintenance Planning Document* (Lecture Notes, pp. 1-36).

Quando uma transportadora aérea adquire uma aeronave, recebe uma cópia do *MPD*. Como parte do seu próprio processo de certificação, a transportadora tem que desenvolver um programa de manutenção específico, para cada tipo de aeronave, tendo como base diversos documentos, entre eles o *MPD*. Todavia, é necessária a utilização de uma ferramenta por parte dos grupos de trabalho, que defina a lógica a ser utilizada na revisão de cada área, que se denomina pela lógica do *Maintenance Steering Group (MSG)*.

Devido ao impacto financeiro de um plano de manutenção, a *ATA* assumiu o compromisso de rever continuamente a lógica utilizada no desenvolvimento do *MPD*, bem como a apresentação de recomendações a eventuais alterações. Desta forma, a lógica está continuamente a ser revista e analisada e só requer uma revisão e aprovação pelo *MRB* e *MWG* para aplicação no desenvolvimento do *MPD* (Lecture Notes, pp. 1-36).

2.5 Fiabilidade

No sentido mais amplo, a fiabilidade está associada à confiança e à estabilidade, com que um sistema ou componente opera com sucesso, sem que ocorram falhas ou avarias. A fiabilidade é também descrita como uma característica de um sistema ou componente e é expressa pela probabilidade de que um componente executa a sua função, sem falhar, sob as condições estabelecidas, durante um determinado período de tempo (Lewis, 1987).

Em Kinnison (2004), o conceito de fiabilidade é associado a duas abordagens na indústria da aviação comercial.

A primeira abordagem está relacionada com a fiabilidade global da companhia aérea, que é mensurável, essencialmente através da fiabilidade de despacho²², ou seja, é medida a frequência com que as partidas comerciais são realizadas na hora prevista (sendo que se admitem discrepâncias iguais ou inferiores a 15 minutos, relativamente à hora de partida estipulada). Caso se registem atrasos, estes são classificados como sendo de manutenção, devido a operações de voo, ao controlo de tráfego aéreo, etc. Nas organizações de Manutenção e Engenharia, a preocupação centra-se apenas nos atrasos imputados à área de manutenção.

Na segunda abordagem a fiabilidade é considerada como um programa, projectado especificamente para resolver os problemas de manutenção, facultando análises e acções correctivas a determinadas unidades/componentes, que levem à melhoria da fiabilidade global dos equipamentos.

Em seguida, será dada uma breve descrição da importância que a fiabilidade detém na indústria aeronáutica. Serão também apresentados os tipos de fiabilidade considerados nesta indústria. No entanto, o âmago deste subcapítulo consiste na apresentação do Programa de Controlo de Fiabilidade da TAP.

²² O conceito de fiabilidade de despacho encontra-se definido de forma aprofundada em 2.5.3, uma vez que constitui uma parte de extrema relevância no programa de fiabilidade.

2.5.1 A Importância da Fiabilidade nesta Actividade

A existência de um programa de controlo de fiabilidade é mandatário pelas autoridades aeronáuticas, de acordo com o ponto AMC M.A. 302 (f), da *EASA PART M*.

Os programas de fiabilidade devem ser desenvolvidos para programas de manutenção de aeronaves que se baseiam na lógica *MSG – 3*, àqueles que incluem *Condition Monitoring* de componentes ou quando o programa de manutenção não discrimina “*overhaul time periods*” para todos os componentes de sistemas significantes. A realização deste programa proporciona um meio adequado de acompanhamento da eficácia do programa de manutenção, uma vez que tem como objectivos, garantir que as tarefas enumeradas no programa de manutenção de aeronaves são eficazes e que a sua periodicidade é adequada (*Commission Regulation (EC) No 2042/2003, 2003*).

A complexidade e dimensão dos sistemas e componentes utilizados nas aeronaves, exigem mais do que versatilidade e elevado desempenho. Devem ser fiáveis e susceptíveis de receber acções de manutenção, a fim de tornar o seu funcionamento seguro, eficaz e devem ainda ser apoiados por um programa de manutenção eficiente (Anderson e Neri, 1990, p. 1).

2.5.2 Tipos de Fiabilidade

Em Kinnison (2004), são referidas quatro abordagens de fiabilidade relacionadas com a actividade de manutenção aeronáutica:

- **Fiabilidade Estatística:** baseia-se na recolha e análise de taxas de falha, de remoções e de reparações de sistemas ou componentes.
- **Fiabilidade Histórica:** consiste na simples comparação entre as taxas actuais dos eventos descritos anteriormente (falha, remoção e reparação), em relação à experiência do passado.
- **Fiabilidade Orientada para os eventos:** baseia-se em eventos que não ocorrem com regularidade, o que impossibilita a construção de um histórico. Entre este

género de eventos destacam-se os *Bird-strikes*²³; *Hard Landing*; *In Flight Shutdown*; *Lightning Strikes*, etc.

- **Fiabilidade de Despacho:** é uma medida da eficácia global do transporte aéreo, relativamente ao tempo de partida.

Uma descrição mais aprofundada dos tipos de fiabilidade está presente na bibliografia referida. No entanto, será dada maior ênfase à forma como o controlo de fiabilidade é realizado na organização onde o estudo é desenvolvido. Por conseguinte, é descrito de forma minuciosa o Programa de Controlo de Fiabilidade na TAP.

2.5.3 Programa de Controlo de Fiabilidade na TAP

Com o objectivo de avaliar e controlar a fiabilidade das aeronaves e dos diversos sistemas, subsistemas e componentes/equipamentos, a TAP possui o seu Programa de Controlo de Fiabilidade (PCF), onde são consideradas cinco actividades fundamentais:

- 1) Recolha/processamento de dados relativos ao comportamento técnico do material de voo;
- 2) Análise dos dados recolhidos;
- 3) Tomada de acções correctivas;
- 4) Controlo da eficácia das medidas tomadas;
- 5) Emissão de informação sobre fiabilidade.

Para que seja possível efectuar o controlo da fiabilidade, na organização onde o presente estudo é desenvolvido, é necessário proceder à recolha de dados relativos ao comportamento técnico do material de voo e em seguida, efectuar o seu tratamento e análise, com o intuito de reunir informação estatística que permita a detecção de situações anómalas ou de degradação do nível de fiabilidade. As acções de procedimentos de recolha e análise são realizados de forma sistemática, sob a responsabilidade da Área de Engenharia. Diariamente, o sistema de recolha de dados

²³ Optou-se por manter este termo e os subsequentes na língua inglesa, uma vez que a referência a este tipo de eventos é efectuada neste idioma.

efectua uma compilação da informação relativa ao comportamento técnico do material de voo. Os dados recolhidos incluem:

- Informação sobre avarias, cortes de reactor e outras deficiências técnicas ou discrepâncias reportadas pelas tripulações;
- Informação sobre remoções de reactores e outros equipamentos/ componentes, programadas e não programadas;
- Informação sobre acidentes/incidentes ocorridos durante o voo;
- Informação sobre outras ocorrências técnicas significativas ocorridas em voo; relatórios de atrasos e cancelamentos técnicos; relatórios de inspecções estruturais.

São também elaborados relatórios mensais, que facultam a perspectiva da fiabilidade do material de voo. Quando na presença de situações anómalas ou de decréscimo de fiabilidade, desenvolvem-se e discutem-se os estudos elaborados pela Engenharia, com o objectivo de que sejam tomadas decisões sobre as medidas correctivas a adoptar, para que os níveis de fiabilidade desejados sejam repostos.

Após a tomada de decisão, a Área de Fiabilidade e Programas de Manutenção avalia a eficácia das acções tomadas, através da sua monitorização.

Em seguida, são descritas as cinco actividades principais que constituem o programa de controlo de fiabilidade.

Recolha/Processamento de Dados

Os dados sobre o comportamento técnico da frota são compilados a partir de cinco documentos:

Report/Recolha de dados estatísticos²⁴ - Informação recolhida mensalmente, que inclui o número de horas totais e comerciais voadas por cada frota, o número de partidas totais e comerciais efectuadas, dias / avião disponíveis, horas e partidas totais acumuladas por cada avião e número total de horas voadas pelos reactores de cada frota.

²⁴ Consultar exemplo do *report* no Anexo A.3.

Maintenance Daily Report ²⁵ - Relatório elaborado diariamente, onde constam todas as ocorrências técnicas significativas relativas ao dia anterior (cobre um período de 24h, entre as 06H00 e as 06H00 do dia seguinte). Atrasos e cancelamentos técnicos, incidentes/acidentes ocorridos durante o voo afectando a fiabilidade do avião, reactores, componentes ou sistemas, bem como, de algum modo, a segurança do voo, são exemplos da informação que está mencionada no *MDR*. Inclui ainda regressos à placa e descolagens e voos abortados por motivos técnicos.

Caderneta Técnica ²⁶ - Relatório da competência da tripulação, onde são reportadas as deficiências técnicas observadas ou experimentadas durante o voo, incluindo cortes de reactor. São também mencionadas as acções correctivas tomadas pela manutenção face às queixas da tripulação, bem como outras acções de manutenção correctiva que resultem das inspecções de trânsito efectuadas.

Mapa de montagem e desmontagem de reactores - Indicação periódica dos reactores removidos de forma programada ou prematura.

Relatório de componentes removidos - Relação dos equipamentos removidos prematuramente do avião.

Os elementos que constam em cada um dos documentos supramencionados são processados, tendo como finalidade classificar os incidentes/ocorrências, atrasos, queixas de voo, remoções prematuras registadas e o cálculo de um grupo de índices. Posteriormente é efectuado o tratamento estatístico dos mesmos, o que permite determinar o nível de fiabilidade da frota, bem como as áreas em que ocorre degradação da mesma. Os resultados das estatísticas gerais são apresentados nos *Fleet Reliability Report* ²⁷.

Os principais índices utilizados na determinação da fiabilidade da frota são: de remoções prematuras; de avarias; de queixas de voo, calculados em relação a cada sistema do avião

²⁵ Exemplo do relatório facultado no Anexo A.4

²⁶ Consultar verbete da caderneta no Anexo A.5

²⁷ Exemplar deste relatório encontra-se no Anexo A.6.

e a subsistemas; de atrasos técnicos, calculados em relação aos vários sistemas do avião; número de acidentes/incidentes/ocorrências técnicas significativas ocorridos durante as várias fases de voo; índices de cortes de reactores em voo.

Com o término das fases de recolha/processamento de dados, evidenciam-se as áreas cujos níveis de fiabilidade demonstram degradação. Com o intuito de que os valores sejam restabelecidos, é iniciado um processo de análise que estabelece quais as medidas correctivas a adoptar.

Em seguida, serão descritas as formas como é efectuado o controlo de fiabilidade de componentes/equipamentos; sistemas e reactores.

Controlo de Fiabilidade de Componentes/Equipamentos

Relativamente ao controlo de fiabilidade de componentes/equipamentos, uma primeira medida de fiabilidade da unidade é dada pelo índice de remoções prematuras (*IRP*), calculado por cada 1000h²⁸ de operação. O *IRP* é expresso pelo número de unidades removidas prematuramente, do mesmo tipo, isto é com o mesmo *P/N*, durante um dado período de temporal. O valor do *IRP* é determinado de acordo com a fórmula:

$$IRP = \frac{RP}{Q_{AC} \times HV} \times 1000 \quad (2.1)$$

RP- Número de remoções prematuras do componente/equipamento no período considerado.

Q_{AC}- Número de unidades por avião.

HV – Horas voadas pelos aviões, no período considerado, em que a unidade é aplicada.

²⁸ A base de cálculo dos índices é geralmente por 1000h de operação ou por 100 *FC*, permitindo desta forma a comparação de índices referentes a períodos de calendário diferentes.

De forma a que seja efectuada uma análise pormenorizada da fiabilidade das unidades e com o objectivo de aferir acerca da qualidade da manutenção efectuada, é necessário classificar as remoções prematuras. Estas poderão ser justificadas e injustificadas, podendo as últimas ser classificadas como confirmadas e não confirmadas.

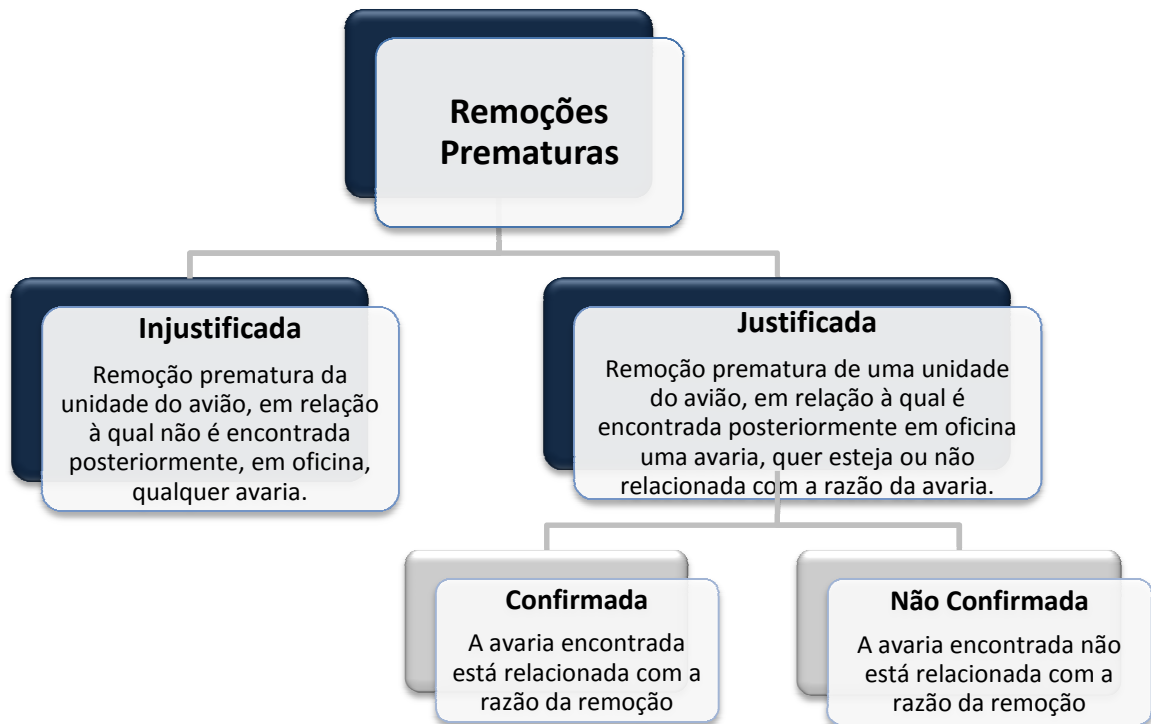


Figura 2.10 – Representação esquemática da classificação atribuída às remoções prematuras e respectivas descrições (Fonte: Manual de Fiabilidade, 2009).

Analogamente, da mesma forma que se determina o índice de remoções prematuras para a totalidade das remoções, também é possível determinar o índice de remoções prematuras injustificadas e justificadas, sendo que o último possui maior relevância nas análises de fiabilidade.

Uma vez determinado o valor do índice, procede-se ao cálculo dos limites entre os quais é expectável que o *IRP* se encontre.

Os valores dos limites de controlo são calculados e revistos de formas distintas, de acordo com as seguintes condições:

- a) Uma vez determinado o valor do índice primário de controlo, para cada componente/equipamento é estabelecido o valor máximo do Índice de Alerta (IA) e o valor mínimo do Limite Inferior de Controlo (LIC).

A TAP calcula o par de valores numéricos dos limites, para um intervalo de confiança de 95% ²⁹, segundo o critério:

$$IA = M + 1,96\sigma \quad (2.2)$$

$$LIC = M - 1,96\sigma \quad (2.3)$$

M - Valor médio do índice de remoções prematuras por 1000H.

σ - Desvio padrão.

A revisão dos valores limite deve ser efectuada sempre que as seguintes condições se verifiquem, simultaneamente:

- $(IRP)_{12}$ calculado mensalmente seja igual ou inferior ao LIC em, pelo menos durante 6 dos últimos 12 meses;

- $(IRP)_{12}$ não ultrapasse o IA durante os últimos 12 meses.

Perante o não cumprimento da segunda condição, apenas se poderão rever os valores limites após análise da fiabilidade da unidade no âmbito da Comissão de Fiabilidade e mediante impossibilidade de reposição do nível de fiabilidade.

- b) Relativamente a unidades em relação às quais não haja experiência de operação, é atribuído um IA inicial, igual ao índice de remoções prematuras correspondente a um MTBUR de 2500h.

²⁹ Significa que 95% dos valores médios M, se encontram no intervalo $\pm 1,96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$.

Controlo de Fiabilidade de Sistemas

Com o objectivo de controlar a fiabilidade de sistemas, é utilizado o parâmetro primário, índice de queixas de voo (*IQV*), por 1000h de operação.

Recorrendo a médias móveis de 3 meses e de acordo com a fórmula seguinte, o parâmetro é calculado mensalmente:

$$IQV = \frac{QV}{HV} \times 1000 \quad (2.4)$$

QV - Nº de queixas de voo relativas ao (s) sistema (s) no período considerado.

HV - Horas voadas, pela frota no período considerado.

De acordo com a classificação *ATA iSpec 2200*, o (*IQV*) é determinado para cada sistema do avião, ou para grupos de sistemas ou para subsistemas.

Analogamente ao cálculo da fiabilidade de componentes, neste caso é também estabelecido um par de valores numéricos, *IA* e *LIC*, entre os quais será expectável a variação do (*IQV*).

A TAP utiliza para cálculo dos valores limites o seguinte critério:

$$IA = M + 1,96\sigma \quad (2.5)$$

$$LIC = M - 1,96\sigma \quad (2.6)$$

Onde:

M - Valor médio do índice de queixas de voo por 1000 HV (médias móveis de 3 meses).

σ - Desvio padrão.

Os valores limites são revistos anualmente, sempre que, cumulativamente se verificarem as duas condições seguintes:

- O $(IQV)_3$ calculado mensalmente seja igual ou inferior ao LIC em, pelo menos 6 meses durante os últimos 12 meses;
- O $(IQV)_3$ calculado mensalmente não exceda o IA em mais de 3 meses durante os últimos 12 meses.

Sempre que o $(IQV)_3$ exceda o IA em mais de 3 meses durante os últimos 12 meses, qualquer revisão dos valores limites só poderá ser efectuada após análise do sistema no âmbito da *Comissão de Fiabilidade* e mediante a impossibilidade de reposição do nível de fiabilidade.

Controlo de Fiabilidade de Reactores

O parâmetro primário de controlo utilizado é o índice de cortes de reactor em voo (*IFSDR* – *In Flight Shut Down Rate*), por 1000H de operação do reactor. Este parâmetro é calculado mensalmente para cada tipo de reactor, utilizando médias móveis de 3 e 12 meses, de acordo com a fórmula seguinte:

$$IFSDR = \frac{IFSD}{HO} \times 1000 \quad (2.7)$$

IFSD - Número de cortes de reactores em voo, no período considerado.

HO - Número de horas de operação dos reactores, no período considerado.

Uma vez que a segurança de voo está amplamente relacionada com o bom funcionamento dos reactores, é apenas fixado um valor limite máximo de controlo, como parâmetro primário.

O valor do parâmetro primário é estabelecido com base na experiência da indústria, tendo-se adoptado para todos os reactores o valor máximo de controlo de *IFSDR* (12

meses) = 0.1, com excepção dos motores com certificação *ETOPS* cujo valor máximo de controlo é *IFSDR* = 0.05.

Nas reuniões de fiabilidade é efectuada uma análise sempre que os limites sejam ultrapassados.

Análise de Dados/Acções Correctivas

Com o término das fases de recolha/processamento, tornam-se evidentes quais as áreas em que se verifica degradação da fiabilidade. Por conseguinte, os serviços de engenharia iniciam um processo de análise que desencadeie a introdução de medidas correctivas, com o objectivo de que os níveis de fiabilidade sejam repostos.

Logo, é necessário estabelecer as prioridades de análise; determinar quais as causas que levaram à degradação da fiabilidade; implementação de acções correctivas; controlar a eficácia das medidas tomadas e por fim, emitir informação.

Nos subcapítulos seguintes, estas etapas serão descritas de forma pormenorizada.

Definição de Prioridades de Análise

O PCF tem como principal objectivo corrigir a propensão à degradação de diversas áreas e não a tomada de acções sobre desvios ocasionais e isolados que, podem não corresponder a um agravamento real de fiabilidade. Seleccionam-se os componentes/equipamentos, sistemas e reactores submetidos a análise, sendo definidas prioridades, de acordo com os critérios descritos no Manual de Fiabilidade, que se baseiam: na extrapolação do índice de alerta associado ao parâmetro de controlo primário; no grau de severidade inerente à avaria das unidades.

Causas de Degradação de Fiabilidade

Uma vez efectuada a selecção dos componentes/equipamentos, sistemas e reactores a serem submetidos a análise, reúne-se um Grupo de Análise de Fiabilidade constituído pelos responsáveis das seguintes áreas: Área de Fiabilidade; Gestão de Frota;

Especialistas dos Gabinetes de Engenharia e Qualidade da Manutenção de Componentes e da Manutenção de Aviões relacionados com componentes/equipamentos/sistemas em análise; *Trouble-Shooting* da Produção Linha; Gabinete de Engenharia da Qualidade da Área de Qualidade; Gabinete de Gestão de Rotáveis da Área de Logística.

Numa primeira fase, nas reuniões são analisadas as queixas de voo e / ou causas de remoções prematuras; modos de avaria; *findings* em inspecções ou *overhaul*; eficiência de manutenção, com o intuito de identificar as causas de degradação da fiabilidade.

Na fase subsequente, a análise do componente/equipamento ou sistema em causa, é entregue à (s) Área (s) da ME considerada (s) mais provavelmente envolvida (s), onde é desenvolvido um estudo mais detalhado com o objectivo de que sejam propostas acções correctivas, tais como: alteração dos procedimentos de manutenção ou inspecção (conteúdo e/ou periodicidade e programas de amostragem); introdução de modificações (SB's, Inspecções por campanha³⁰, etc.); treino do pessoal; alterações de *Trouble-Shooting*; alterações nos procedimentos oficiais; alterações nos procedimentos operacionais; planeamento de mão-de-obra e/ou equipamento; emendas de manuais; aprovisionamento.

Após os estudos efectuados nas diversas áreas, os serviços de engenharia analisam e apresentam as conclusões alcançadas nas reuniões de *Comissão de Fiabilidade*.

Análise das Conclusões e Implementações das Acções Correctivas

Quadrimestralmente, com o objectivo de analisar os resultados finais dos estudos efectuados sobre as unidades, sistemas e reactores sujeitos a controle, reúne-se a *Comissão de Fiabilidade*. São apresentadas para apreciação as propostas de correcção da fiabilidade e emitem-se directivas propondo a implementação das acções correctivas.

É dado conhecimento à autoridade aeronáutica nacional, INAC, das medidas adoptadas e é reportada a evolução da fiabilidade das áreas degradadas.

³⁰ Plano de modificação de sistemas ou componentes, de execução até uma data limite que é estipulada pelos especialistas de engenharia (MA/EQ; EG/FP, MM/EQ e MC/EQ).

Controlo de Eficácia das Medidas Tomadas

Uma vez implementadas as acções correctivas, a área de Fiabilidade controlará a eficácia das medidas adoptadas e apresentará, nas reuniões de *Comissão de Fiabilidade* subsequentes, informações sobre os índices que traduzem a evolução da fiabilidade das unidades, sistemas e reactores sujeitos a controlo.

Emissão de Informação sobre Fiabilidade

Uma vez realizado o tratamento dos dados, a sua apresentação é efectuada mensalmente através de três documentos distintos, com o intuito apresentar os resultados relativamente à fiabilidade da frota, do mês anterior.

- *Monthly Reliability Data*
- *Fleet Reliability Report*
- *Component Reliability Report*

O conteúdo de cada um dos documentos mencionados é descrito em seguida, de forma pormenorizada.

Monthly Reliability Data

O *Monthly Reliability Data*, também designado por relatório de fiabilidade de despacho, é um documento emitido com periodicidade mensal, existindo um para cada tipo de avião operado pela TAP. A evolução da fiabilidade de despacho é apresentada graficamente, ao longo de 1 ano, encontrando-se representados os índices de fiabilidade de 1, 3 e 12 meses.

A fiabilidade de despacho está relacionada com os cancelamentos e atrasos nas partidas de voos comerciais. Com base na experiência da indústria, estabeleceu-se que só os atrasos superiores a 15 minutos são considerados significativos, uma vez que até este valor, o atraso é recuperável em voo. Atrasos superiores podem causar interrupções nos planeamentos ou perda de ligações, havendo necessidade de reprogramar ou alterar

reservas. O seu controlo e análise dos atrasos são efectuados relativamente ao tempo e ao motivo/causa. Por conseguinte, é necessário classificar o atraso quanto ao seu tipo.

Com o intuito auxiliar as companhias aéreas na classificação dos tipos de atraso, a IATA decidiu efectuar a sua normalização, codificando os tipos de atraso (*IATA Delay Codes* no Anexo A.9).

Dentro dos diversos tipos de atraso, são os atrasos de manutenção os que se revelam de maior importância para os relatórios da fiabilidade de despacho. Os atrasos de manutenção podem ser classificados em técnicos, se forem imputados à manutenção devido a avarias intrínsecas à aeronave, ou em não técnicos, quando o atraso é provocado por falta de unidades, por exemplo.

O valor da fiabilidade de despacho técnica, é obtido através do produto entre o número de atrasos técnicos (classificados com *delay code* 41) e cancelamentos, por 100 partidas, sobre o número de partidas efectivas ocorridas, durante o período considerado:

$$\mathbf{Fiabilidade\ Técnica = 100 - \frac{Atrasos\ Técnicos + Cancelamentos}{RD} \times 100} \quad (2.8)$$

Sendo:

RD – *Revenue Departures*, partidas comerciais.

Component Reliability Report

Trata-se de um relatório igualmente de periodicidade mensal, existindo também para cada tipo de avião operado. Nele descrevem-se, fundamentalmente, em relação ao período de calendário anterior, as áreas em que se considera que a fiabilidade se encontra degradada.

A fiabilidade de componentes está relacionada com as remoções prematuras, isto é, a remoção não programada duma unidade do avião, por mau funcionamento ou suspeita de mau funcionamento desta.

Neste relatório consta essencialmente a seguinte informação:

- 1) Comparação mensal dos valores de atrasos técnicos, queixas de voo e índice de fiabilidade de despacho por sistema ou grupo de sistemas *ATA iSpec 2200*
- 2) Distribuição dos índices de queixas de voo e de atrasos técnicos por avião (nº de matrícula)
- 3) Evolução do índice geral de remoções prematuras
- 4) Indicação dos sistemas do avião com índice de alerta excedido com comentários às causas prováveis dessa ocorrência
- 5) Relação de equipamentos / componentes com alerta excedido com indicação do número de remoções prematuras dos últimos 3 meses, e actual índice de remoções prematuras
- 6) Instalação de potência-reactores ou sistema *ATA iSpec 2200* correspondente à instalação de potência que excederam o respectivo índice de alerta quanto a cortes de reactor em voo, índice de remoções prematuras (se existir um índice de alerta) ou índice de queixas de voo. Comentários às causas mais prováveis da ocorrência.

Fleet Reliability Report

O *Fleet Reliability Report* ³¹, também designado por Relatório de Fiabilidade de Sistemas, é emitido mensalmente, existindo um relatório para cada tipo de aeronave operada pela TAP. Este relatório constitui uma forma de divulgação, de informação de carácter geral, na organização, INAC e noutros operadores.

Os Relatórios de Fiabilidade de Sistemas são elaborados com base na informação proveniente dos *Pilot Reports*, onde é contabilizado o número de queixas, por 1000 horas de voo e a sua classificação é também efectuada segundo a nomenclatura *ATA100*.

³¹ Exemplo no Anexo A.6.

Nestes relatórios, a informação encontra-se subdividida em *General Statistics* (dados estatísticos gerais), *Systems Reliability Analysis* (análise de fiabilidade dos sistemas) e em *Powerplant Reliability Analysis* (análise de fiabilidade de motores).

Em seguida, será apresentada uma síntese do tipo de informação que é disponibilizada em cada uma das subdivisões:

1) *General Statistics*:

- Dimensão da frota; Número de aviões em serviço; Horas voadas (totais e comerciais); Utilização diária; Número de ciclos (totais e comerciais); Etapa média.

2) *Systems Reliability Analysis*:

- Cancelamentos técnicos; Atrasos técnicos superiores a 15m, 2h e 6h e respectivo índice por 100 descolagens comerciais; Número de horas totais de atraso; Tempo médio de atraso; Distribuição dos atrasos por sistema / subsistema *ATA iSpec 2200*; Número total de queixas de voo no período e respectivo índice por 1000h de operação; Distribuição das queixas de voo por sistema/subsistema *ATA iSpec 2200* e respectivo índice por 1000h de operação; Incidentes técnicos; Ocorrências técnicas (interrupções de voo e descolagens interrompidas); Descrição sumária dos incidentes e ocorrências técnicas verificados

Nesta subdivisão do relatório, é também apresentada informação gráfica correspondente aos índices de atrasos técnicos a 3 e a 12 meses. A informação gráfica resulta da quantificação dos elementos tratados e do cálculo dos índices de atrasos técnicos, dos dados relativos a *Delays and Cancellations*, extraídos do *Maintenance Daily Report*.

3) *Powerplant Reliability Analysis*:

- Número de horas de trabalho dos reactores; Remoções totais; Remoções para *shop visit* e respectivo índice por 1000h de operação; Remoções prematuras e respectivo índice por 1000h de operação; Classificação das razões de remoção; Número de cortes de reaktor em voo (totais e básicos) e respectivo índice por 1000h de operação; Atrasos técnicos

motivados por falha da instalação de potência, por sistemas *ATA iSpec 2200*; Queixas de voo referentes a sistemas pertencentes à instalação de potência e respectivos índices por 1000h de voo; Classificação das remoções prematuras em função das avarias verificadas; Descrição cronológica individual das remoções prematuras.

Capítulo 3

Estatística das Falhas

3.1 Introdução

3.2 Análise de Sobrevida

3.3 Análise Estatística das Falhas

3.4 Sistemas Reparáveis

3.5 Modelos Estatísticos em Fiabilidade

3.1 Introdução

A análise estatística de dados de fiabilidade é, geralmente, mais complexa e difícil do que outras análises, em que os dados se obtêm experimentalmente, devido à diversidade de formas que este tipo de dados podem assumir (Tobias e Trindade, 1995, p. 40).

Sendo a estimação estatística do momento em que uma unidade ou componente falham, uma das dificuldades da teoria da fiabilidade, neste capítulo apresentar-se-ão também os parâmetros básicos utilizados na modelação de análise de sobrevivência, bem como a forma como se inter-relacionam. Foca-se também o interesse existente na comparação de funções de fiabilidade, bem como na estimação das mesmas através de metodologias não-paramétricas.

No subcapítulo intitulado de Sistemas Reparáveis, é também abordada a análise de tendência da fiabilidade, com o intuito de determinar o tipo de padrão de falhas. O teste à tendência será efectuado através da aplicação do teste de *Laplace*.

Por fim, destaca-se o modelo de Riscos Proporcionais desenvolvido por *Cox*, amplamente utilizado na análise de dados de sobrevivência.

3.2 Análise de Sobrevivência

A análise de sobrevivência tem como principal intuito, a modelação e análise de dados relativos a um momento em que ocorre um determinado evento. Os eventos são frequentemente designados por falhas (Tableman e Kim, 2004, p. 1) e ocorrem após um período de tempo denominado por tempo de falha, sendo que a falha pode ocorrer no máximo uma vez em qualquer componente. A vida útil de tempos de máquinas em termos de fiabilidade industrial é apresentada como um dos exemplos de tempos de falhas (Cox e Oakes, 1984, p. 1).

Para determinar o tempo de falha exacto, existem três requisitos: a origem de tempo deve ser claramente definida; a escala que mede a passagem de tempo deve ser claramente determinada; o significado de falha deve ser totalmente claro (Cox e Oakes, 1984, p. 1).

A problemática da análise de dados, do tempo decorrido até que ocorra um determinado evento, surge em diversos campos de aplicação como na medicina, biologia, saúde pública, sociologia, engenharia. Esta terminologia varia consoante as diversas áreas em que é aplicada, sendo designada por análise do tempo de falha, quando aplicada à engenharia (Klein e Moeschberger, 2003, p. 1).

Todas as abordagens efectuadas em análise de sobrevivência são probabilísticas ou estocásticas, isto é, os tempos associados à realização de um determinado evento (como a falha) são assumidos como realizações de processos aleatórios. Daqui resulta que a hora do evento para algum componente em particular, T , é uma variável aleatória com uma distribuição de probabilidade associada (Allison, 1995, p. 14).

O desenvolvimento de modelos e procedimentos específicos, para dados de tempos de falhas, provém da necessidade de obter métodos de análise que contemplem valores censurados no tratamento estatístico dos tempos de falha (Collett, 1994, pp. 1-2). Segundo Dias (2002), procedendo à divisão da informação em dados censurados e dados

não censurados, esta análise permite a obtenção de estimadores dos parâmetros através da aplicação do método da máxima verosimilhança.

Uma vez que, regra geral, os dados são assimetricamente distribuídos, e quando na presença de tempos de falha, estes são sempre positivos, não é correcto assumir que seguem uma Distribuição Normal, que varia entre menos infinito e mais infinito. Por conseguinte, esta situação pode ser resolvida através da transformação dos dados ou através da adopção de um modelo de distribuição alternativo (Collett, 1994, pp. 1-2).

Informação censurada

A problemática da análise de dados de tempo até à última falha, baseia-se no facto de que os dados podem apresentar-se de formas distintas. É necessário ter em consideração que alguns componentes são retirados antes do término do ensaio ou que nem todos os constituintes de uma amostra falham, sobrevivendo até ao final do ensaio (O'Connor, 1991, pp. 68-72). Uma característica peculiar muitas vezes presente em dados de tempo até à última falha, é conhecida como censura, que em termos gerais, surge quando o tempo exacto em que a falha ocorre não é conhecido. Existem várias categorias de censura, tais como, a censura à direita e a censura à esquerda (Klein e Moeschberger, 2003, p. 63).

Em fiabilidade, T é designado como o valor de tempo em que é registado um acontecimento e seja t o valor correspondente ao tempo de censura. Uma observação da variável T é considerada como **censurada à direita** caso $T > c$, sendo c o valor que limita o teste superiormente por tempo. As unidades cujos seus tempos de falha são conhecidos como sendo superiores ao valor actual do tempo de teste, são designadas de sobreviventes. Tais dados censurados surgem também quando algumas unidades são removidas do teste antes de falhar por uma causa estranha (Allison, 1995, pp. 9-14).

Simetricamente, designa-se por **censura à esquerda** quando apenas se sabe que T ocorre antes de um determinado período de tempo, isto é, no momento em que se iniciam as observações das amostras, alguns dos elementos já tinham experimentado a falha (Nelson, 1990, p. 13).

Em Dias (2002) e Marques (2009), é possível observar representações esquemáticas extremamente elucidativas dos casos de censura à esquerda e à direita. Considerando que eventualmente ocorreu uma falha, representada pelo número 1, antes do início do ensaio (representado em $\tau = 0$), pode-se constatar que a falha representada pelo número 2 constitui a primeira observação do ensaio, em t_1 . Uma vez que $t_1 < T$, estamos perante um valor censurado à esquerda ($t_1 = \tau_1 - \tau_0$).

Analogamente o valor de t_3 ($t_3 = \tau_A - \tau_3$) é censurado à direita, uma vez que pode ter ocorrido uma falha registada com o número 4 que se desconhece, após o término das observações e por conseguinte, $t_3 > T$.

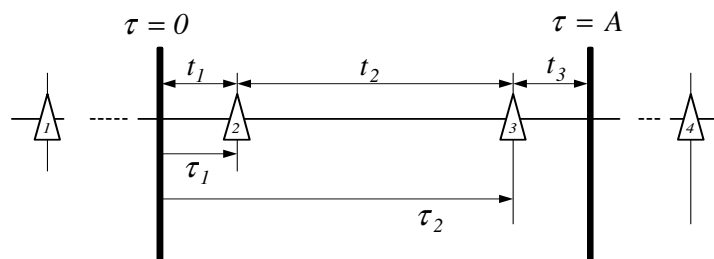


Figura 3.1 - Representação esquemática de dados censurados (Fonte: Dias (2002), p.15).

Resultando da forma como o tempo de ensaio é limitado, os dados censurados podem ser classificados em Tipo I e Tipo II.

Supondo que é efectuado um teste com duração fixa de T horas, a n unidades. Sabendo que r unidades falham, o tempo exacto das falhas $t_1 \leq t_2 \leq t_3 \leq \dots \leq t_r \leq T$ é registado. No final do teste, existem $n - r$ unidades que não falharam. Apenas se pode referir que os seus tempos de falha ocorreram depois de T . Este tipo de teste é denominado censura do Tipo I e tem a vantagem de ser um ensaio cujo tempo em que decorre é conhecido, uma vez que a duração do ensaio é definida com antecedência (Tobias e Trindade, 1995, p. 40). Neste tipo de teste, o principal problema consiste no facto de que o número de falhas é aleatório, isto é, não é conhecido *a priori*. Como a precisão da estimativa da taxa de falhas depende do número de falhas, r , e não do número de unidades em estudo, n , uma má escolha do tamanho da amostra, pode resultar em informação insuficiente (Tobias e Trindade, 1995, p. 40).

Por outro lado, na censura de Tipo II, a duração do ensaio é ditada pelo número de falhas, isto é, o teste termina quando se verificar o número de falhas pré-estipulado. Como o número de falhas é especificado, sabe-se exactamente o número de dados que o teste produzirá. Este procedimento tem vantagens óbvias em termos de garantir a informação adequada, contudo, a duração do ensaio é aleatória (Tobias e Trindade, 1995, p. 40).

Com base em análises práticas, os testes do Tipo II são normalmente rejeitados, em favor dos testes do Tipo I (Tobias e Trindade, 1995, p. 40).

3.3 Análise Estatística das Falhas

Um dos problemas fulcrais da teoria da fiabilidade, consiste na estimação estatística do momento em uma determinada unidade ou componente experimentam a falha.

Do ponto de vista da fiabilidade, as distribuições de falha e os respectivos parâmetros, foram estimados estatisticamente e estão bem definidos. Desenvolveram-se sistemas com elevados níveis de fiabilidade e discutiram-se novas políticas de manutenção, de forma a prevenir a ocorrência de falhas com base na informação recolhida dos tempos de falha das unidades (Nakagawa, 2008, pp. 77-78).

Na generalidade das áreas, a modelação das variáveis aleatórias é efectuada através da Distribuição Normal. Todavia, na área da fiabilidade e quando na presença de dados de tempos desde a última falha, cujos seus valores serão sempre positivos, a Distribuição Normal não é aplicável. Como resultado, a Distribuição de *Weibull* é amplamente utilizada na área da fiabilidade (Marques, 2009, p. 20).

Existem diversos modelos aplicáveis a dados de sobrevivência sendo que a distinção entre os mesmos é muitas vezes conseguida, através da distribuição de probabilidade de T (Allison, 1995, p. 14). Dias (2002) destaca três formas diferentes de definir as distribuições de probabilidade como sendo as mais aplicáveis na área da fiabilidade: as funções de fiabilidade, de densidade de probabilidade e a função de risco. Estas funções

são formas equivalentes de descrever uma distribuição de probabilidade contínua. As respectivas representações gráficas encontram-se no Anexo B.1.

Função de Fiabilidade ou de Sobrevivência

Uma forma que é aplicável a todas as variáveis aleatórias, é a função de distribuição cumulativa (f.d.c.). A f.d.c. de uma variável T , denotada por $F(t)$, é uma função que faculta a probabilidade da variável ser inferior a qualquer valor de t , previamente definido. Assim,

$$F(t) = P(T < t) = \int_0^t f(u) du \quad (3.1)$$

Uma vez que é possível determinar o valor de F para cada valor de t , não existem incógnitas acerca da distribuição de T (Allison, 1995, p. 14).

Todavia, em análises de sobrevivência, é mais usual a utilização de uma função estreitamente relacionada, a qual se denomina por função sobrevivência ou de fiabilidade definida, para valores contínuos ou discretos, como:

$$R(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(u) du \quad (3.2)$$

Se o acontecimento de interesse é a falha ocorrida num determinado componente, a função de fiabilidade dá a probabilidade do sistema continuar em funcionamento, para além de t (Allison, 1995, p. 14).

Função densidade de probabilidade

As distribuições de probabilidade, quando na presença de variáveis contínuas, podem ser descritas pela função densidade de probabilidade, f.d.p., que se define por:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (3.3)$$

Ou seja, a f.d.p. é apenas uma derivada da f.d.c.

Função de Risco

Outra forma de descrever as distribuições associadas a dados de análise de sobrevivência, é através da função de risco, que se define como:

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.4)$$

Através da função de risco, define-se o valor da probabilidade condicionada de falha em t . Como o tempo é contínuo, considera-se a probabilidade de uma falha ocorrer num pequeno intervalo entre $t + \Delta t$. Essa probabilidade é também dependente da sobrevivência individual ao tempo t , uma vez que se a falha já ocorreu, não se encontra mais em risco para o evento. Logo, na probabilidade condicional, só interessa ter em consideração os sobreviventes até t .

Dada qualquer uma das funções referidas anteriormente, é possível obter as restantes. A facilidade com que se obtêm as diversas expressões, com base nas suas relações, é de extrema relevância na sua utilização em análises de modelos de sobrevivência. Em termos de $h(t)$, obtêm as expressões de $f(t)$ e $R(t)$:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{-\frac{dR(t)}{dt}}{R(t)} = -\frac{d}{dt} \ln R(t) \quad (3.5)$$

Como R é uma probabilidade, só pode tomar valores delimitados por 0 e 1. No entanto, como em análises de sobrevivência não faz sentido considerar valores negativos de T , pode-se concluir que $R(0) = 1$, obtendo-se a função geral de fiabilidade:

$$R(t) = e^{-\int_0^t h(u) du} = e^{-H(t)} \quad (3.6)$$

3.3.1 Método não paramétrico na estimativa da fiabilidade

Por vezes, em análises mais detalhadas de dados de sobrevivência, torna-se interessante a comparação de funções de fiabilidade de componentes. A sua estimação é possível através de metodologias não-paramétricas, isto é, sem que seja imposta uma distribuição de probabilidade aos intervalos de tempos entre falhas (Collett, 1994, p. 15).

Supondo que os tempos desde a última falha numa amostra de dimensão n , são representados por $t_1 < t_2 < \dots < t_k$. A amostra pertence a uma população homogénea cuja função de fiabilidade é representada por $R(t)$. Sempre que se esteja na presença de tempos censurados conhecidos, t_{jl} , a função de máxima verosimilhança de $R(t)$ é dada por:

$$L = \prod_{j=0}^k \left\{ [R(t_j) - R(t_j + \Delta t)]^{d_j} \prod_{l=1}^{m_j} R(t_{jl} + \Delta t) \right\} \quad (3.7)$$

Através da maximização de L , obtém-se o valor da estimativa, $\hat{R}(t)$, da máxima verosimilhança. Segundo Marques (2009), através desta expressão, estimam-se os parâmetros que maximizam a probabilidade de encontrar uma amostra com características análogas às realmente observadas.

Nos pontos onde se observam as falhas, a função de fiabilidade estimada é descontínua. Considerando que $t_{jl} \geq t_j$, através da igualdade $R(t_{jl} + \Delta t) = R(t_j + \Delta t)$ e de $R(t_{0l}) = 1$, é possível maximizar o factor $R(t_{jl} + \Delta t)$.

Uma vez que $\hat{R}(t)$ é discreta, em t_j , a probabilidade condicionada de falha é dada por $h_j = \frac{f(t_j)}{R(t_j)}$ em que $R(t_j)$ representa a fiabilidade dos sistemas que ainda não falharam em t_j . Nestas condições, obtém-se o estimador da função de fiabilidade:

$$\hat{R}(t) = \prod_{j|t_j < t} \left(\frac{n_j - d_j}{n_j} \right) \quad (3.8)$$

Para um determinado tempo t , consideram-se todas as parcelas cujo $t_j < t$, sendo t_j o tempo em que ocorre a falha. Para cada uma das falhas que respeite a condição descrita, calcula-se o valor da expressão entre parêntesis. Esta expressão pode ser descrita como uma probabilidade condicional de sobrevivência ao tempo $t_{(j+1)}$, dado que já sobreviveu a t_j . Uma vez determinados todos os valores, efectua-se o produto de todas as probabilidades condicionais (Allison, 1995, p. 30).

A expressão obtida é também designada por estimador de *Kaplan-Meier* ou estimador do Produto Limite. Marques (2009), refere que a estimação da função de fiabilidade, por meio da aplicação desta metodologia não paramétrica, constitui “uma mais-valia na tomada de decisão no que respeita aos sistemas reparáveis”. Esta expressão subestima os valores de fiabilidade quando os últimos tempos são censurados.

Em Collett (1994), é também apresentada a estimativa da função de fiabilidade pelas tabelas de tempo de vida.

3.4 Sistemas Reparáveis

A definição amplamente utilizada na descrição de um Sistema Reparável de Ascher e Feingold (1984), afirma que este é um sistema que, depois de não conseguir realizar uma ou mais das suas funções de forma satisfatória, pode ser reparado e desempenhar plenamente as suas funções.

Na literatura recente, a definição é alargada, abrangendo a possibilidade de acções de manutenção adicionais, que visam a manutenção do sistema para um melhor desempenho. Tradicionalmente, a literatura sobre sistemas reparáveis preocupa-se com a análise de tempos de falha, sendo a teoria dos processos pontuais a principal ferramenta. Os modelos mais comumente utilizados nos processos de falha de sistemas reparáveis são os Processos de *Poisson* Homogéneos (PPH) e Processos de *Poisson* Não - Homogéneos (PPNH) (Lindqvist, 2006, pp. 532-551).

Relativamente à indústria da aviação têm sido desenvolvidos diversos estudos, com base na modelação dos tempos de falha dos diversos sistemas, com o intuito de aferir acerca da fiabilidade dos mesmos. Neste sentido, destacam-se os estudos apresentados por Weckman *et al.* (2001) e Al-Garni *et al.* (1999), relativamente a sistemas reparáveis de aeronaves.

Tendência dos dados

Um sistema reparável, é frequentemente modelado como um processo de contagem de falhas, onde os sucessivos tempos entre falhas tendem a aumentar, em casos de melhoria e a diminuir quando existe deterioração do sistema (Wang e Coit, 2005).

Durante os testes e desenvolvimento de novos sistemas, a análise de tendência de fiabilidade é necessária, de forma a que seja avaliado o desenvolvimento e monitorizado o progresso do processo. Os testes de tendência aos sistemas têm como intuito, determinar se o padrão de falhas está a ser alterado significativamente com o tempo e por conseguinte, aferir acerca do comportamento da sua fiabilidade.

Podem ser identificadas três formas básicas, nas quais o padrão de falhas pode alterar com o tempo, isto é, a taxa de ocorrência de falhas (*ROCOF*³²) pode diminuir, aumentar ou manter-se constante (O'connor, 1991, p. 8).

Sistemas com taxas de falha constante

A taxa de falhas constante, é comum em sistemas complexos sujeitos a reparações e revisões gerais, onde as diferentes partes apresentam diferentes padrões de falha ao longo do tempo e as peças têm idades diferentes devido às reparações ou substituições (O'connor, 1991, p. 8). Quando não há uma tendência no sistema dos dados de falha, o processo de falha pode muitas vezes ser modelado como um processo de renovação, onde as sucessivas acções de reparação tornam o sistema em "bom estado como novo". Para os processos de renovação, os tempos entre falhas são independentes e identicamente distribuídos. Um caso especial é o Processo de Poisson Homogéneo (PPH), cujos tempos entre falhas são independentes e exponenciais (Wang e Coit, 2005).

³² O padrão de falhas ao longo do tempo, em sistemas reparáveis, pode também ser ilustrado pela curva da banheira, em que a representação gráfica é efectuada através da taxa de falhas (*rate of occurrence of failures*) e da idade do sistema.

Sistemas com taxas de falha decrescente

O estudo da tendência de falhas permite a identificação da ocorrência de uma melhoria significativa, ou seja, o crescimento da fiabilidade real pode ser detectado pela observação de uma tendência significativa de aumento sucessivo do tempo médio entre falhas (Wang e Coit, 2005). As melhorias em sistemas reparáveis verificam-se quando a fiabilidade é aperfeiçoada através de reparações, isto é, peças defeituosas que falham precocemente, são substituídas por peças novas. As taxas de falha decrescentes são observadas em equipamentos que se tornam menos propensos a falhar com o aumento do tempo de sua sobrevivência. Isso é muitas vezes observado em equipamentos electrónicos onde é utilizado o *Burn-in*³³ (O'connor, 1991, pp. 7-8).

Sistemas com taxas de falha crescente

É também muito importante detectar quando a fiabilidade dos sistemas está a deteriorar-se, o que se pode constatar por uma diminuição sucessiva do tempo médio entre falhas. Estas situações são modeladas através dos processos de Poisson Não Homogéneos (PPNH) (Wang e Coit, 2005). Componentes sujeitos a atrito é um dos exemplos que causa o aumento da taxa de falhas em sistemas reparáveis (O'connor, 1991, pp. 7-8).

Uma vez recolhidos os dados, é importante seleccionar um teste de tendência adequado. A facilidade computacional e simplicidade de interpretação dos resultados dos testes são factores, que devem ser considerados na decisão de escolha de um teste de tendência adequado (Wang e Coit, 2005).

Segundo Ansell e Phillips (1994), dois testes são frequentemente utilizados, o teste de tendência de Laplace, desenvolvido em Cox e Lewis (1966) e o teste Military Handbook (MIL-HDBK-189). Estes testes comparam um Processo de Poisson Homogéneo, com um Processo de Poisson Não Homogéneo.

³³ O *Burn-in* de componentes electrónicos é um pelo qual o conhecimento de uma taxa de risco decrescente é utilizado para criar uma melhoria na fiabilidade. Antes de serem entregues, os componentes são colocados em ensaios, operando sob condições de stress. As peças que falham são rejeitadas, sendo a população sobrevivente mais fiável.

No presente documento, será apenas desenvolvido o Teste de *Laplace*, uma vez que este teste será aplicado na componente prática do presente documento.

Teste de *Laplace*

O teste de tendência de *Laplace* é um teste estatístico, não paramétrico, que permite inferir acerca da independência dos dados, é de simples aplicação e válido na distinção entre sistemas com taxas de falha constante e um aumento da taxa de ocorrência de falhas (Kim, 2000).

Efectua-se a selecção da estatística de teste, através da qual se formula o problema. A hipótese nula (H_0) é aceite como verdadeira. Caso hajam evidências em contrário, nesse caso está-se perante a hipótese alternativa (H_1). Diz-se que se está na presença de um PPH, quando a taxa de falhas se verifica constante (ou aproximadamente constante); caso a taxa de falhas não se verifique constante, estamos perante um PPNH, cujos tempos entre falhas apresentam tendência (Assis, 2004, p. 48).

O teste de hipótese é dado por:

$$H_0: PPH \text{ (taxa de falhas constante)}$$

$$H_1: PPNH \text{ (taxa de falhas não é constante)}$$

Considerando que a falha de ordem i , ocorreu no momento τ_i e n_f falhas foram registadas durante o tempo total de duração do ensaio T_0 , a estatística do teste de *Laplace* é definida como:

$$Z_0 = (\sqrt{12 \times n_f}) \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_f} \tau_i}{T_0 \times n_f} - 0,5 \right) \quad (3.9)$$

Testar-se-á a hipótese nula, isto é, a inexistência de tendência dos dados que se encontram ordenados cronologicamente, comparando o valor de Z_0 com os valores da distribuição normal, $Z_{\frac{\alpha}{2}}$. Para um nível de significância de 90% ($\frac{\alpha}{2} = 0,05$), o valor de $Z_{0,05} = 1,65$. A hipótese nula é rejeitada quando $Z_0 > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ ou quando $Z_0 < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$. Por

consequente, nestas circunstâncias, estamos perante um PPNH, com uma taxa de falhas crescente na primeira hipótese, e uma taxa de falhas decrescente na seguinte (Wang e Coit, 2005, p. 8). Caso a hipótese nula não seja rejeitada, $-\frac{Z_{\alpha}}{2} < Z_0 < \frac{Z_{\alpha}}{2}$, estamos perante um sistema cujos dados de falha não apresentam tendência.

O teste de *Laplace* pode ser limitado pelo tempo e pelo número de avarias. A estatística de teste apresentada (3.9) é utilizada em ensaios limitados pelo tempo. Caso se esteja presente um ensaio limitado pelo número de avarias, substitui-se n_f por $n_f - 1$ e exclui-se o tempo até à última falha do somatório, isto é, $\sum_{i=1}^{n_f-1} \tau_i$ (O'connor, 1991, p. 61).

Processos Estocásticos Pontuais - Processos de Poisson

Os processos estocásticos são utilizados na descrição da operação dos sistemas, ao longo do tempo. Existem dois tipos de processos estocásticos: os contínuos e os discretos. Entre os processos discretos, os processos pontuais são amplamente utilizados na teoria da fiabilidade para descrever o acontecimento de eventos ao longo do tempo (por exemplo falhas; fim de reparações, etc.).

Um dos tipos de processos pontuais é designado por processo de renovação. Este processo é descrito como a sequência de eventos, cujos intervalos entre os mesmos são independentes e identicamente distribuídos. Este modelo matemático é utilizado em fiabilidade para descrever o fluxo de falhas ao longo do tempo (Gnedenko e Ushakov, 1995, pp. 42-47).

Na teoria dos processos estocásticos, os processos de *Poisson* representam uma função especial, sendo a sua importância, muitas vezes equiparada à da distribuição normal (Gnedenko e Ushakov, 1995, pp. 42-47).

Processo de *Poisson* Homogéneo (PPH)

Designam-se por Processos de Poisson Homogéneos, todos os processos de Poisson para os quais a taxa de falhas de verifiquem constante.

Segundo Dias (2002), um processo de Renovação constitui uma generalização do PPH, pelo que este pode ser definido por uma sequência infinita de variáveis aleatórias positivas, exponencialmente distribuídas e independentes e identicamente distribuídas (i.d.d.). Um processo estocástico pontual $\{N(t), t \geq 0\}$ é denominado por Processo de Poisson Homogéneo se:

$$i) N(0) = 0$$

ii) $\{N(t), t \geq 0\}$, o processo resultante tem incrementos independentes

iii) O número de falhas em qualquer intervalo de tempo, Δt , segue uma distribuição de *Poisson*, com valor médio $m = \lambda_0 \times \Delta t$.

Logo, a probabilidade de ocorrência de n_f falhas, num intervalo de tempo Δt , é obtida pela seguinte expressão:

$$P\{N(\Delta t) = n_f\} = \frac{e^{-m} m^{n_f}}{n_f!} \quad (3.10)$$

Ascher e Feingold (1984) apresentam a expressão (3.11) que modela, através de uma função densidade probabilidade exponencial negativa, o tempo até à avaria de um componente que segue um processo de Poisson Homogéneo:

$$P\{N(\Delta t) = 0\} = e^{-m} = e^{-\lambda \Delta t} \quad (3.11)$$

A partir de (3.10), obtém-se a expressão da fiabilidade aplicável a sistemas que falhem segundo um PPH:

$$R(\Delta t) = e^{-\lambda \Delta t} \quad (3.12)$$

Processo de *Poisson* Não Homogéneo (PPNH)

Os PPNH são extremamente úteis na descrição de processos de falha que apresentam tendência como o “aumento da fiabilidade” – taxa de falhas decrescente – ou quando se

verifica deterioração – taxa de falhas crescente, o que implica que o tempo entre avarias tende a diminuir. Este tipo de processos, caracterizam-se por uma taxa de falhas dependente do tempo, em que os intervalos de tempo entre falhas tendem a aumentar ou a diminuir, respectivamente (Wang e Coit, 2005, p. 4).

Dias (2002) apresenta a expressão não paramétrica (3.13) como uma das mais utilizadas na caracterização da taxa de falhas em sistemas reparáveis, cujos padrões de falha seguem um PPNH:

$$\rho(\tau) = \lambda^* \beta^* \tau^{\beta^*-1} \quad \lambda^*, \beta^* > 0 \quad \tau \geq 0 \quad (3.13)$$

Modelo de Crow

A expressão (3.13) desenvolvida e aplicada por Crow (1974), é também designada por modelo de Crow. Este modelo, é aplicável quando se está na presença de um PPNH e no caso particular em que a taxa de falhas é decrescente. A expressão do modelo de Crow com o intuito estimar a taxa de falhas do sistema reparável que apresenta tal tendência. Para dados censurados, a estimativa das constantes dos modelo, $\hat{\beta}^*$ e $\hat{\lambda}^*$ ³⁴, obtidas através da função de máxima verosimilhança, são dadas por:

$$\hat{\beta}^* = \frac{n_f}{\sum_{i=1}^{n_f} \ln\left(\frac{T_0}{\tau_i}\right)} \quad (3.14)$$

$$\hat{\lambda}^* = \frac{n_f}{T_0^{\hat{\beta}^*}} \quad (3.15)$$

Uma vez que a expressão do modelo só é aplicável a sistemas com taxas de falha decrescentes, não é possível calcular o valor do *MTBF*³⁵. Por conseguinte, procede-se ao cálculo do tempo cumulativo médio entre falhas (*CMTBF*), isto é, determina-se o inverso da taxa de cumulativa de falhas:

³⁴ A nomenclatura refere-se aos parâmetros do modelo de Crow. Não confundir com a taxa de falhas representada por λ , nem com o parâmetro de forma da distribuição de Weibull, β .

³⁵ *Mean Time Between Failures (MTBF)*, em português designado por tempo médio entre falhas, está associado ao tempo decorrido entre duas falhas consecutivas.

$$CM\hat{T}BF = \frac{\Delta\tau}{N_i(\tau) - N_{i-1}(\tau)} \quad (3.16)$$

Através da expressão (3.16) estima-se a taxa de falhas para cada intervalo, onde:

$\Delta\tau$ - Duração de cada subintervalo

$N_i(\tau)$ - Número total de falhas observadas desde $\tau = 0$ até ao fim do intervalo i

3.5 Modelos Estatísticos em Fiabilidade

Na literatura, relativamente à Análise de Sobrevivência, são propostas duas classes de modelos designadas por modelos paramétricos e modelos não paramétricos. Dentro da classe dos modelos paramétricos, encontram-se os modelos de Tempo Acelerado e dentro dos modelos não paramétricos destacam-se os de modelos de regressão de Cox (Silva *et al.*, 2004).

Relativamente aos modelos paramétricos, é admitida uma função de distribuição de probabilidades para o tempo de vida T , no entanto, tal suposição revela-se por vezes inadequada. Todavia, em diversas aplicações práticas, é de extrema relevância estimar os efeitos das covariáveis sobre o tempo de vida das unidades em análise (Fogo, 2007).

Segundo Dias (2002), o Modelo Não Paramétrico de Riscos Proporcionais desenvolvido em Cox (1972), também designado por modelo de riscos proporcionais de Cox, ou simplesmente, modelo de Cox, é um dos modelos mais utilizados na análise de dados de sobrevivência.

Neste documento será apenas desenvolvido modelo de Cox, uma vez que na parte prática, é efectuada a sua aplicação.

3.5.1 Modelo de Riscos Proporcionais

Em 1972, Cox propôs o *Proportional Hazard Model (PHM)* com ampla aplicação na área da biomédica. No início da década de 80, o modelo tornou-se popular na área da fiabilidade,

devido à sua aptidão em modelar amostras de dados de tempos de sobrevivência, sem que haja uma distribuição de probabilidade associada aos mesmos. Em vez de um modelo em que os parâmetros são totalmente definidos, o estatístico David Cox desenvolveu um método que permite estimar a influência de covariáveis (variáveis explicativas) sem necessidade de especificar a função de risco de base. O foco principal do modelo é sobre o papel das variáveis explicativas, tornando esta ferramenta estatística extremamente importante na análise de dados de sobrevivência (Selvin, 2008).

Em suma, Cox outorgou duas grandes contribuições. Desenvolveu o modelo designado por Modelo de Riscos Proporcionais (*PHM*) e desenvolveu um novo método que permite a estimação de parâmetros, conhecido como a máxima verosimilhança parcial (Pham, 2003, pp. 417-428).

Quando se efectua a análise de tempos de vida, a sua utilidade reside no estudo da relação entre os tempos de sobrevivência e as covariáveis (variáveis explicativas) \mathbf{z} . Este método de regressão múltipla, identifica os factores que se revelam estatisticamente significativos e permite estimar os efeitos de todos os factores na sobrevivência (Langova, 2008). Este modelo permite a inclusão de variáveis explicativas cujos coeficientes variem ao longo do tempo. Em Dias (2002) o assunto das covariáveis dependentes do tempo é abordado em maior detalhe.

O *PHM* está estruturado com base na função de risco descrita anteriormente:

$$h(t; \mathbf{z}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t | T \geq t, \mathbf{z})}{\Delta t} \quad (3.17)$$

Habitualmente, a expressão descrita anteriormente é representada por:

$$h(t; \mathbf{z}) = h_0(t) \cdot g(\mathbf{z}, \boldsymbol{\beta}) \quad (3.18)$$

$h_0(t)$ - Função de risco base não especificada

$g(\mathbf{z}, \boldsymbol{\beta})$ - Relação risco relativo

\mathbf{z} - Vector coluna das k covariáveis utilizadas

$\boldsymbol{\beta}$ - Vector linha dos k coeficientes de regressão

As funções de risco são proporcionais, no entanto, os coeficientes de regressão ($\boldsymbol{\beta}$) do modelo, são estimados sem que seja necessário especificar a função de base $h_0(t)$, isto é, é possível determinar o efeito de covariáveis sobre a função de risco (Selvin, 2008, p. 199).

A função de risco base é definida em função do tempo t e independente de \mathbf{z} , considerando que a relação risco relativo é apenas função de \mathbf{z} . A função de base é corrigida de forma multiplicativa pelas covariáveis que influenciam a probabilidade de falha do sistema. A função de risco de base representa o risco de falha quando as covariáveis não têm nenhum efeito sobre o conjunto em análise. Quando $\mathbf{z} = 0$, verifica-se a única situação em que $h(t; \mathbf{z}) = h_0(t)$.

O PHM implica que o rácio das funções de risco para quaisquer duas unidades associadas com diferentes vectores de covariáveis, \mathbf{z}_1 e \mathbf{z}_2 , é constante no tempo. Isto é, $h(t; \mathbf{z}_1)$ é directamente proporcional a $h(t; \mathbf{z}_2)$. Assim, quando uma função $\exp(\bullet)$ é considerada como a razão de risco relativo, o seu PHM é descrito pela seguinte equação:

$$h(t; \mathbf{z}) = h_0(t)e^{(\beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \dots + \beta_p z_p)} \quad (3.19)$$

Onde:

$h_0(t)$ - função de risco base arbitrária

\mathbf{z} - covariáveis presentes no modelo

$\boldsymbol{\beta}$ - coeficientes de regressão desconhecidos

p - número de covariáveis presentes no modelo

O valor obtido pela expressão $e^{z_i \beta_i}$, para qualquer variável significativa, representa a relação de risco, relativamente à covariável de base.

Neste modelo, o vector dos coeficientes de regressão, β são os elementos desconhecidos. O método da máxima verosimilhança pode ser utilizado para estimar β , quando a função de risco base, $h_0(t)$, é especificada. Contudo, no *PHM* os coeficientes de regressão podem ser estimados sem que $h_0(t)$ seja especificada. Nestes casos, a estimativa de β é efectuada com recurso ao método da verosimilhança parcial de Cox.

Supondo que se tem uma amostra aleatória de n unidades; que $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ representam k ($k \leq n$) tempos de falha distintos com as correspondentes covariáveis z_1, z_2, \dots, z_k . Se $k < n$, então as restantes unidades $n - k$, assumem-se como censuradas.

A expressão de máxima verosimilhança parcial é dada por:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^k \frac{e^{\beta z_i}}{\sum_{l \in R(t_i)} e^{\beta z_l}} \quad (3.20)$$

Onde $R(t_i)$ representa o número de unidades em o risco em t_i , isto é, o número de unidades sobreviventes e censuradas imediatamente antes de t_i .

Kalbfleisch e Prentice (1980) introduziram, também, uma forma de estimar a máxima verosimilhança de β , onde o vector pode ser estimado através da maximização do logaritmo da função de verosimilhança parcial (3.20), utilizando o método numérico de *Newton-Raphson*. Além da literatura já mencionada, Dias (2002) e Marques (2009), também abordam a metodologia alternativa de Kalbfleisch e Prentice na determinação da estimativa da máxima verosimilhança.

A significância da estimativa de β é analisada através de métodos analíticos ou gráficos (Pham, 2003, p. 458). Com o auxílio de aplicações de *software* estatístico, o cálculo dos coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ e os respectivos erros padrão, *SE*, são estimados.

A significância dos coeficientes no modelo de *Cox*, é testada através da estatística de *Wald*. Se a probabilidade da estatística de teste de *Wald* for menor ou igual a 0,05, considera-se que a variável independente prevê de forma eficiente o evento observado.

As covariáveis que se verificarem não significativas, são descartadas do modelo e será calculada uma nova estimativa de β para as restantes covariáveis.

Após a estimação dos parâmetros $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, isto é, quando todas as incógnitas intervenientes no modelo estiverem estimadas, as suas previsões são utilizadas na estimação da fiabilidade.

Comparação de funções de fiabilidade

Quando se dispõe de diversas amostras, é possível comparar as suas funções de fiabilidade com o intuito de compreender se determinados componentes, por exemplo pertencentes ao mesmo sistema, têm a mesma função de fiabilidade. Os testes estatísticos de *Wilcoxon* e de *Savage* são amplamente utilizados quando se pretende analisar as diferenças das funções estimadas de fiabilidade.

Considere-se que se pretende comparar as funções de fiabilidade $R_1(t), \dots, R_r(t)$, determinadas a partir de amostras de r populações.

Sejam $t_1 > t_2 > \dots > t_k$ os tempos ordenados desde a última falha, do conjunto das r populações. Considerem-se os vectores: \mathbf{t} que representa os tempos; \mathbf{n} os elementos em risco e \mathbf{d} os elementos que falham.

A estatística, \mathbf{v}_j , corresponde ao vector obtido da subtração do número observado, pelo número esperado de falhas, em cada população.

$$\mathbf{v}_j = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_{1j} - \bar{\mathbf{d}}_{1j} \\ \vdots \\ \mathbf{d}_{(r-1)j} - \bar{\mathbf{d}}_{(r-1)j} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

O teste aproximado de igualdade, relativo às $r - 1$ curvas de fiabilidade que estão sujeitas à comparação, pode basear-se na Distribuição do Qui-Quadrado. De forma a que a soma dos elementos de \mathbf{v} não seja igual a zero, o número de graus de liberdade a considerar será de $r - 1$.

O valor da estatística de teste que permite aferir acerca da igualdade da fiabilidade das curvas, será dada pela expressão:

$$\chi^2 = \mathbf{v}^T \mathbf{V}^{-1} \mathbf{v} \quad (3.22)$$

Em que o vector \mathbf{v} para é determinado para os $r - 1$ elementos e a matriz \mathbf{V} , para os $(r - 1)(r - 1)$.

A hipótese nula do teste, isto é, a igualdade das curvas é rejeitada para um nível de significância α , sempre que $\chi_0^2 > \chi_{\alpha; (r-1)}^2$.

Dias (2002) cita a abordagem de Bohoris e Leitão (1991) onde estes testes são considerados uma generalização dos testes de *Wilcoxon*. Quando se pretende comparar a fiabilidade de apenas dois equipamentos, os autores optam pela utilização da expressão alternativa seguinte:

$$U = \sum_{j=1}^k w_j \left(d_{2j} - \frac{n_{2j} d_j}{n_j} \right) \quad (3.23)$$

Em que w_j é um valor ponderado que depende das várias generalizações consideradas, isto é, obtêm-se testes diferentes, designados de acordo com respectivos autores, de acordo com as ponderações dadas a w_j . Por exemplo, se $w_j = 1$ estamos perante o teste do *Log-rank*; se $w_j = n_j$ já se refere ao teste de *Gehan*. A possibilidade de realizar este teste, seleccionando as respectivas ponderações, é disponibilizada na grande maioria dos *softwares* estatísticos utilizados em fiabilidade.

Estimativa de funções de fiabilidade

Uma vez aplicado o *PHM* e determinadas as covariáveis significativas (\tilde{z}) através da expressão 3.24 é possível estimar a função de fiabilidade que contemple estas variáveis. A partir da função de fiabilidade base:

$$\hat{R}(t; \tilde{z}) = \hat{R}_0(t)^{\exp(\tilde{z}; \hat{\beta})} \quad (3.24)$$

Em que a função inicial de fiabilidade de base estimada é dada por:

$$\hat{R}_0(t) = \prod_{i|t_i < t} \left(\mathbf{1} - \frac{\exp(z_i \hat{\beta})}{\sum_{l \in R(t_i)} \exp(z_l \hat{\beta})} \right)^{\exp(-z_i \hat{\beta})} \quad (3.25)$$

A função de fiabilidade base (3.25) é, segundo Kalbfleisch e Prentice (1980), obtida também pelo método da máxima verosimilhança parcial. Esta expressão permite estimar a função de fiabilidade (3.24) para cada covariável significativa.

Validação do Modelo – Análise de Resíduos aplicada ao Modelo de Regressão de Cox

Após a aplicação do modelo, torna-se fundamental a validação da sua escolha. Muitos dos procedimentos utilizados para realizar esta avaliação, que tem como intuito provar a adequabilidade do modelo ajustado, baseiam-se na análise de quantidades, as quais se denominam por resíduos (Silva *et al.*, 2004).

A análise de resíduos, constitui um procedimento importante na análise de regressão, permitindo a detecção de possíveis desvios num modelo ajustado. Uma vez que os métodos utilizados têm de lidar com dados de tempos de falha censurados, estas metodologias revelam-se mais complexas do que os métodos correspondentes utilizados nos modelos de regressão linear. Todavia, muitos dos procedimentos são facilmente realizados com o auxílio de *software* (Collett, 1994, p. 149).

Em Collett (1994) são apresentados os resíduos de *Cox-Snell*, *Martingale*, *Deviance* e de *Score*. No entanto, os resíduos de *Cox-Snell* são apontados pelo mesmo autor como os mais utilizados na análise de dados de sobrevivência (Collett, 1994, p. 150).

Os valores dos resíduos podem ser calculados para cada indivíduo no estudo, e têm a característica de que seu comportamento é conhecido, pelo menos aproximadamente, quando o modelo ajustado é satisfatório (Collett, 1994, p. 149). Os resíduos de *Cox-Snell* representam os valores estimados pelo modelo e são definidos por:

$$\hat{e}_i = -\ln \hat{R}(t_i | z_i) \quad (3.26)$$

Se o modelo ajustado para os dados observados se revelar satisfatório, então uma estimativa da função de sobrevivência $\hat{R}(t_i)$, baseada no modelo, para o indivíduo i em t_i , será idêntica ao valor verdadeiro correspondente de $R(t_i)$. Se t_i for uma observação censurada, \hat{e}_i também será tratado como um valor censurado (Collett, 1994, p. 151).

Isto sugere, que se o ajuste do modelo estiver correcto, os valores de $\hat{R}(t_i)$ terão propriedades semelhantes às de $R(t_i)$. Então, os valores logaritmos negativos das funções estimadas de fiabilidade, $-\ln \hat{R}(t_i)$, aproximam-se de uma distribuição exponencial, com um parâmetro de escala unitário $\lambda = 1$.

A representação dos resíduos constitui uma forma simples de verificar a validação do modelo. Segundo a metodologia de *Kaplan-Meier* (1958), o modelo considera-se como ajustado se for possível ajustar uma recta na origem, com inclinação unitária, à representação de \hat{e}_i (no eixo dos xx) por $e_i = -\ln[R(\hat{e}_i)]$ (no eixo dos yy).

A expressão $-\ln[R(\hat{e}_i)]$ representa o valor esperado para os resíduos, devido à distribuição exponencial com parâmetro unitário.

PARTE II

Capítulo 4

Análise Estatística Global da Frota

- 4.1 Sistema Reparável em Estudo
- 4.2 Estrutura da Informação em Análise
- 4.3 Análise Estatística Global das Ocorrências
- 4.4 Modelo de Riscos Proporcionais
- 4.5 Discussão de Resultados

4.1 Sistema Reparável em Estudo

A frota de aeronaves do tipo A330 operada pela TAP Portugal, constitui o sistema reparável em estudo na presente dissertação. Neste capítulo, pretende-se explicitar as características gerais do sistema reparável em análise devido à sua enorme complexidade; explicitar que tipo de dados estão sujeitos à análise, a forma como são registados e onde são apresentados.



Figura 4.1 - Aeronave A330 da TAP (Fonte: Empresa - Frota).

O modelo de avião em estudo, é uma aeronave comercial de passageiros, fabricada pela AIRBUS, com capacidade para operar em médias e longas distâncias.

A organização possui doze aeronaves deste modelo, tendo a primeira iniciado a sua operação ao serviço da TAP em 1999 e a última no ano de 2008.

Entre as doze aeronaves, existem duas variantes. Os sete aviões mais antigos pertencem à variante A330-223 e os cinco mais recentes à A330-202. A principal distinção entre as duas variantes são os reactores, que para a variante A330-223 são do fabricante *Pratt&Whitney* e para a variante A330-202 são da *General Electric*.

Este modelo de aeronave, com capacidade para 230 passageiros e com autonomia para 12.000 km, constitui o conjunto das aquisições mais recentes efectuada pela TAP Portugal.



Figura 4.2 – Ilustração da aeronave A330 e respectivas indicações do comprimento e altura (Fonte: Empresa - Frota).

A aeronave encontra-se dividida em duas cabinas, classe económica e *top executive*.

Tabela 4.1 – Síntese das especificações da aeronave.

Envergadura³⁶	60,30m	Velocidade de Cruzeiro	930 Km/h
Comprimento	58,37m	Altitude de Cruzeiro	12.500m
Altura	17,80m	Capacidade de Combustível	139.090 L

A aeronave possui também três porões para carga e correio, de capacidade variável, consoante o número de passageiros e a rota do voo.

³⁶ Corresponde à maior distância entre os extremos das asas.

4.2 Estrutura da Informação em Análise

O principal objectivo do presente estudo, consiste em determinar quais os principais sistemas que contribuem para o decréscimo da fiabilidade de despacho. A principal fonte de informação baseia-se no número de cancelamentos e atrasos nas partidas comerciais, superiores a 15 minutos e nas respectivas causas pelas quais as aeronaves não partiram na hora planeada.

A informação que suporta o presente estudo, contabilizará apenas os atrasos de manutenção cujas avarias sejam intrínsecas à aeronave, isto é, não são contabilizadas acções de manutenção não programada, falta de unidades suplentes, etc. Ter-se-á em consideração apenas os atrasos de manutenção técnicos, classificados com *IATA delay code 41* (esta matéria foi abordada de forma mais exaustiva no capítulo 2.5.3 no programa de controlo de fiabilidade da TAP). Deste ponto em diante, sempre que for mencionado o vocábulo *ocorrências*, referir-se-á aos cancelamentos e atrasos superiores a 15 minutos classificados com *delay code 41*.

Uma vez seleccionado o período temporal, entre o qual se terá em consideração todas ocorrências registadas, obtêm-se os dados exemplificados na Tabela 4.2.

Os técnicos de manutenção registam informação sobre a data, a matrícula do avião em que ocorre o atraso, o tempo de atraso relativamente à hora de partida (*Tech*), a classificação do sistema ou tipo de sistema segundo a nomenclatura *ATA iSpec 2200*. É igualmente registada a descrição do problema detectado, bem como as acções correctivas tomadas.

Tabela 4.2 – Exemplo da listagem de informação em análise.

<i>Date</i>	<i>Tail Nr</i>	<i>Canc</i>	<i>Tech</i>	<i>Chapter + Section</i>	<i>Description</i>
22-12-2007	CS-TAA	0	1:00	33 51	NA INSPECCÃO DETECTADAS LUZES DE EMERGENCIA JUNTO PORTA 2RH INOP. SUBSTITUIDA A POWER SUPPLY, OK.
27-08-2008	CS-TII	0	0:45	23 36	PRE FLIGHT - SISTEMA DE VIDEO INOP. EFECTUADOS DIVERSOS RESET'S, SEM RESULTADO. DESLIGADA CORRENTE AO A/C ALGUNS MINUTOS. ENSAIADO OK.

Em alguns casos, a informação encontrava-se incompleta, tendo sido apenas registado o capítulo *ATA iSpec 2200* (os primeiros dois dígitos do código). Devido à especificidade técnica das descrições, revelou-se imperativo o auxílio do orientador - na organização de manutenção - que com recurso ao *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*, possibilitou a definição da secção.

A restante listagem a partir da qual foi possível realizar o estudo não será disponibilizada por razões de confidencialidade.

Nomenclatura *ATA iSpec 2200*

Os técnicos de manutenção de aviões têm a oportunidade de trabalhar com uma grande variedade de modelos de aeronaves.

Desde que os fabricantes são independentes, têm diferentes formas de trabalhar e por conseguinte, os manuais de manutenção passaram a ser elaborados de formas distintas. Com o intuito de diminuir a entropia, a *ATA* interviu e normalizou o formato do *AMM*, para que todos os documentos provenientes dos fabricantes fossem compatíveis. A cada sistema ou tipo de sistema, foi atribuída a respectiva codificação designada por *ATA iSpec 2200*³⁷, que estabelece para toda a indústria, o modelo de numeração dos sistemas de

³⁷ A codificação *ATA iSpec 2200: Information Standards for Aviation Maintenance Manual*, teve origem na nomenclatura apresentada em *ATA Spec 100* e *ATA Spec 2100*. Este documento é comumente designado de sistemas *ATA* e de capítulos *ATA*.

aeronaves (Kinnison, 2004, pp. 66-73). Este documento é reconhecido como o padrão da indústria global da aviação, fornecendo orientações para o conteúdo, estrutura e troca de informação via electrónica, relacionada com a engenharia de aeronaves, manutenção e operações de voo.

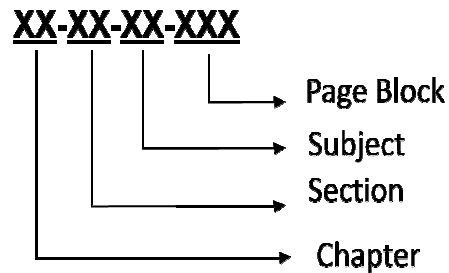


Figura 4.3 - Codificação ATA *iSpec 2200* (Fonte: Kinnison, 2004, p.67).

Os primeiros dois dígitos, *Chapter*, são a codificação para cada sistema ou tipo de sistema. Todos os fabricantes, utilizam a mesma numeração para identificar os mesmos sistemas, por exemplo, o capítulo 21 refere-se ao sistema de ar condicionado para qualquer tipo de aeronave. Os dígitos que correspondem à *Section* e *Subject*, podem variar entre os fabricantes e entre os modelos de aeronave. Revelam informação mais específica do sistema, como por exemplo um componente específico, do respectivo sistema.

O último grupo, *Page Block*, refere-se a informação específica que consta no manual de manutenção de aeronaves, tal como a descrição e a forma como opera determinado sistema, procedimentos de remoção/instalação dos diversos componentes, etc.

Com base na ordem cronológica das ocorrências registadas (cancelamentos e atrasos) e nas respectivas classificações, segundo a nomenclatura *ATA iSpec 2200*, no subcapítulo seguinte apresentar-se-á análise estatística desenvolvida. Aferir-se-á acerca do comportamento global do sistema em estudo e serão identificados os sistemas mais problemáticos, isto é, os sistemas que estiveram na origem do atraso, durante o período de análise estipulado.

Na organização, entre os inúmeros estudos e controlo efectuados, destaca-se o Relatório da Fiabilidade de Despacho (*Monthly Reliability Data*, esmiuçado no capítulo 2).

A partir dos dados apresentados na Tabela 4.2, seleccionando um determinado período temporal e o tipo de frota, a organização possui uma aplicação informática que gera automaticamente a informação presente na Figura 4.4.

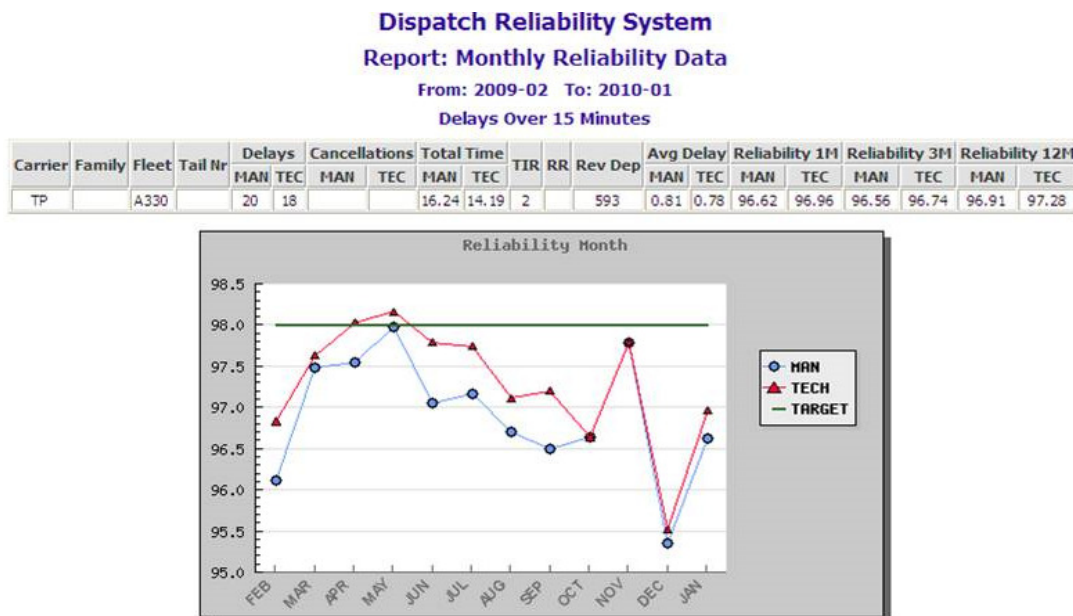


Figura 4.4 – Exemplo da informação que consta no *Monthly Reliability Data*.

Na informação disponibilizada, constam o número de atrasos, cancelamentos, tempo total dos atrasos, número de atrasos que deram origem a *Technical Incident Reports*, número total de partidas comerciais durante o período seleccionado, tempo médio dos atrasos e os valores dos índices de fiabilidade de despacho a 1, 3 e 12 meses (consultar Anexo A.7 que contém os restantes gráficos).

Todos os campos informativos que o sistema disponibiliza, estão divididos em MAN e TEC. Nos campos MAN, é considerada toda a informação classificada como não técnica, isto é, são contabilizadas todas as ocorrências, sem excepção (do *Delay code* 41 ao 47, inclusive). Nos campos TEC, a informação registada corresponde apenas a ocorrências classificadas como técnicas (*Delay Code* 41).

Por fim, é também disponibilizada uma representação gráfica da evolução da fiabilidade de despacho (técnica e não técnica), ao longo de 1 ano.

Os dados de *input* da análise estatística apresentada nos capítulos subsequentes, são os mesmos que após o respectivo processamento, dão origem aos indicadores apresentados na Figura 4.4. No entanto, apesar de se pretender que o estudo responda às necessidades da organização, os objectivos que se pretendem alcançar com um trabalho académico são distintos.

Nesta fase, é efectuada uma análise global do sistema reparável em estudo, a frota de A330. Com o intuito de analisar a tendência dos sucessivos tempos de falha, testa-se a presença de *PPH*, aplicando o teste de *Laplace*, complementando o mesmo com recurso à análise gráfica. A análise de tendência é repetida para três períodos temporais específicos, que correspondem à designada “época alta”, em que se registam aumentos na procura dos serviços facultados pelo sector da aviação, pelo que se revela interessante a análise do padrão de falhas nesta época.

Em seguida, proceder-se-á à avaliação do comportamento da fiabilidade global, através da aplicação do modelo de riscos proporcionais ao conjunto das duas variantes do modelo da aeronave.

Deste capítulo em diante, revela-se indispensável a referência às aeronaves, de forma individual. A distinção entre os aviões é efectuada através das suas matrículas, compostas por letras. Caso a aeronave seja civil e registada em Portugal, a matrícula terá como letras iniciais *CS* (*Charlie, Sierra*), seguidas por *T* (neste caso particular) que significa transporte³⁸, e por mais duas letras (por exemplo, *CS – TOM*). Porém, apesar da identidade das aeronaves ser amplamente conhecida, no presente estudo optou-se pela omissão das mesmas, tendo sido adoptada a seguinte codificação: *CS – TAA; CS – TBB; ...; CS – TLL*, sem que haja qualquer perda de valor na análise apresentada.

4.3 Análise Estatística Global das Ocorrências – frota A330

No presente subcapítulo, será apresentada a análise estatística global de uma frota A330, com base nos dados presentes no histórico, relativos ao período de 1 de Julho de 2008 a

³⁸ Às letras *CS* seguir-se-iam a letra *H* para helicópteros; *P* para planadores; *U* para ultra-leves, etc.

30 de Abril de 2010. Dada a natureza da cadência da produção e a respectiva disponibilização dos aviões, o *phase in*³⁹ das aeronaves é faseado. A aquisição de uma aeronave deste modelo ronda os 110 mUSD, pelo que, é expectável que as aeronaves sejam adquiridas ao longo do tempo. A última chegou à organização em 2008, período a partir do qual terá início a análise das ocorrências.

No período em análise, entre atrasos superiores a 15 minutos (imputados à manutenção) e cancelamentos de voos, registaram-se 540 ocorrências.

4.3.1 Evolução da Taxa de Ocorrências de cada uma das Aeronaves

Com o intuito de analisar a evolução da sequência das ocorrências de cada uma das aeronaves, isto é, se a taxa de ocorrências é constante ou se apresenta tendência, procedeu-se ao cálculo dos indicadores de desempenho.

Iniciou-se a análise prática com a aplicação do teste de *Laplace*, apoiado pela estatística amostral (3.9).

Adoptou-se como exemplo a aeronave CS - TAA. Recolheram-se os dados necessários (ver Tabela 4.3) para que se possa determinar o valor da estatística de teste.

Tabela 4.3 - Quadro síntese dos parâmetros necessários ao cálculo da estatística de teste, do teste de *Laplace*.

CS - TAA			
$\sum \tau_i$	10.877	Z_0	0,173261
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	32	Z	1,65

³⁹ Entrada das aeronaves ao serviço da companhia aérea.

Neste caso conduz a um valor de $Z_0 = 0,173 < Z_{0,05} = 1,65$, pelo que não se rejeita a hipótese nula ($H_0: PPH$), para um nível de significância de 5% ⁴⁰. Conclui-se que se está perante uma taxa de ocorrências constante. Ou seja, os tempos entre as ocorrências não revelam tendência.

Efectuou-se o procedimento análogo para as restantes aeronaves. As tabelas homólogas à 4.3, com os parâmetros utilizados no cálculo da estatística de teste, encontram-se no Anexo C.1.

Porém, na Tabela 4.4 é possível observar a síntese dos valores obtidos para a estatística de teste; a tendência dos dados através da taxa de ocorrências; o valor do tempo médio entre ocorrências; tempo médio mínimo entre ocorrências (*MTBO*).

Tabela 4.4 – Síntese dos indicadores de desempenho.

Avião	Z_0	Taxa Ocorrências	MTBO (dias)	Número de Ocorrências	MTBO mínimo (dias)
CS - TAA	0,173	Constante	20,875	32	14,787
CS - TBB	1,556	Constante	15,182	44	11,309
CS - TCC	1,770	Crescente	----	39	----
CS - TDD	2,366	Crescente	----	35	----
CS - TEE	-0,497	Constante	20,242	33	14,414
CS - TFF	0,339	Constante	23,857	28	16,507
CS - TGG	1,363	Constante	17,579	38	12,807
CS - THH	0,553	Constante	35,158	19	22,514
CS - TII	-1,006	Constante	35,158	19	22,514
CS - TJJ	1,121	Constante	20,875	32	14,787
CS - TKK	-0,356	Constante	31,810	21	20,809
CS - TLL	-0,479	Constante	23,034	29	16,039

Pela análise da Tabela 4.4 é possível esmiuçar o comportamento das aeronaves. Relativamente ao período em análise, pode-se constatar que a taxa de ocorrências revela-

⁴⁰ A maioria dos autores refere que para $P < 0,05$ (a probabilidade de estar errado é inferior a 1/20), sendo considerado estatisticamente significativo

se constante para dez das doze aeronaves, pelo que, de uma forma global se poderá considerar que a frota segue um *PPH*.

Pelos valores da coluna do *MTBO* mínimo, pode-se verificar que para a aeronave CS-TBB, por exemplo, em 95% dos casos o *MTBO* mínimo é superior a 11 dias, o que significa que de 11 em 11 é registada uma ocorrência (atraso na partida ou mesmo um cancelamento).

Se em alguma das aeronaves se atestasse uma tendência de ocorrências decrescente, a sua modelação seria efectuada segundo o modelo de *Crow*, descrito no Capítulo 2.

Como complemento ao teste de *Laplace*, é sempre possível apresentar a respectiva análise gráfica (as representações gráficas do teste para as restantes aeronaves, podem ser consultadas no Anexo C.2).

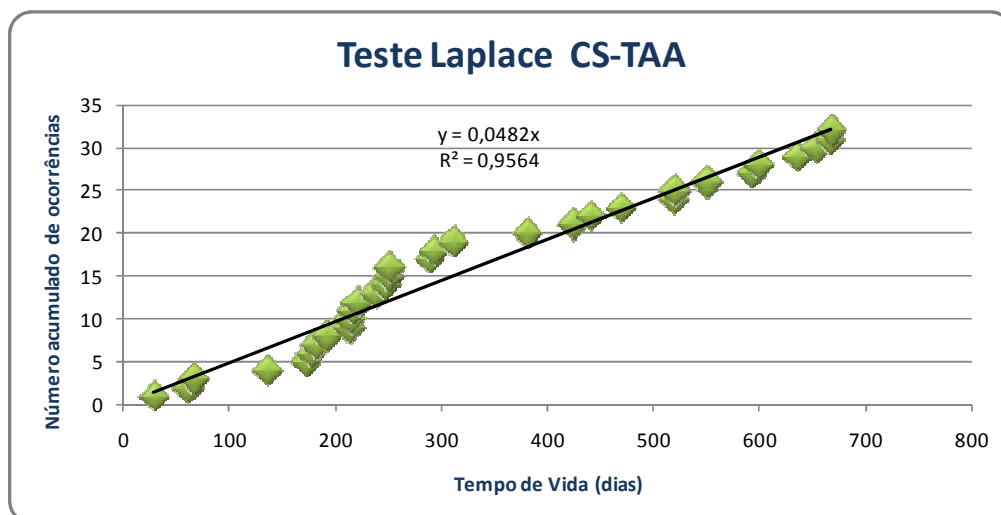


Figura 4.5 – Representação gráfica do Teste de *Laplace* para a aeronave CS – TAA.

4.3.2 Evolução da Taxa de Ocorrências Durante a *IATA SEASON*

É de alguma relevância, efectuar o raciocínio análogo na análise do comportamento da taxa de ocorrências, durante a *IATA SEASON*, isto é, durante a época alta em que há um aumento da procura destes serviços:

“A period commencing on the last Sunday of March and ending on the day before the last Sunday of October in any one year; or commencing on the last Sunday of October in any one year and ending on the day before the last Sunday of March in the next following year.”

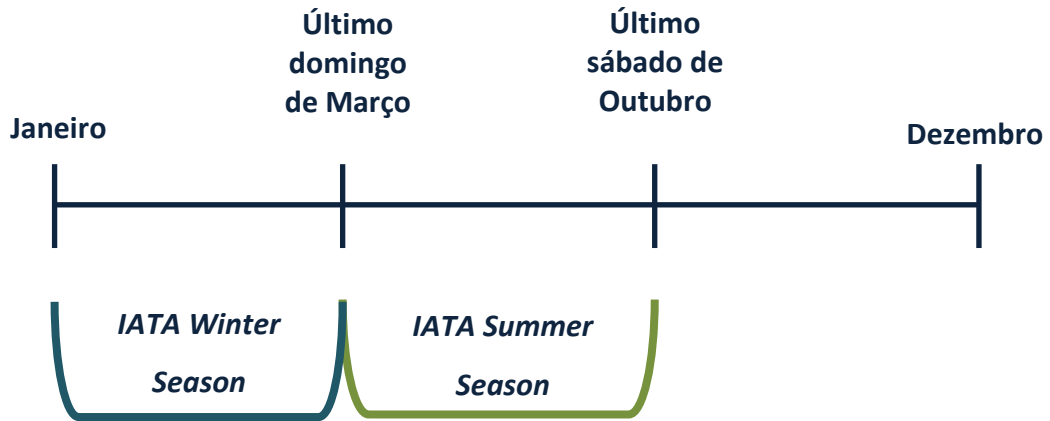


Figura 4.6 - Representação esquemática dos períodos IATA season.

Pretende-se analisar o comportamento das aeronaves, em termos de cancelamentos e atrasos relativos às partidas, durante as estações denominadas por “época alta”, relativos ao período de 1 de Julho de 2008 a 30 de Abril de 2010, em que existe uma maior procura pelos serviços disponibilizados.

Tabela 4.5 – Síntese dos indicadores de desempenho durante a IATA season.

Períodos ⁴¹	Teste de Laplace	Número de ocorrências	MTBO	MTBO mínimo	Taxa de ocorrências
P1	0,488	54	2,148	1,646	Constante
P2	1,417	111	1,928	1,601	Constante
P3	1,685	24	1,417	0,952	Crescente

⁴¹ O período P1 refere-se às ocorrências registadas entre 1-07-2008 a 25-10-2008; o período P2 29-03-2009 a 31-10-2009 e o período P3 aos registos no período de 27-03-2010 a 30-04-2010.

Analisando os dados da Tabela 4.5, é possível observar o comportamento das aeronaves durante o período em que, devido ao aumento da procura, deve haver uma maior disponibilidade das aeronaves. Relativamente ao período em análise, pode-se constatar que a taxa de ocorrências revela-se constante nos dois primeiros períodos e crescente no último.

Observando os valores da coluna do *MTBO* mínimo, pode-se verificar que no último período da *IATA Season* em análise, em 95% dos casos, se registaram ocorrências diariamente.

Analogamente, como complemento ao teste de *Laplace*, a Figura 4.7 apresenta a respectiva análise gráfica.

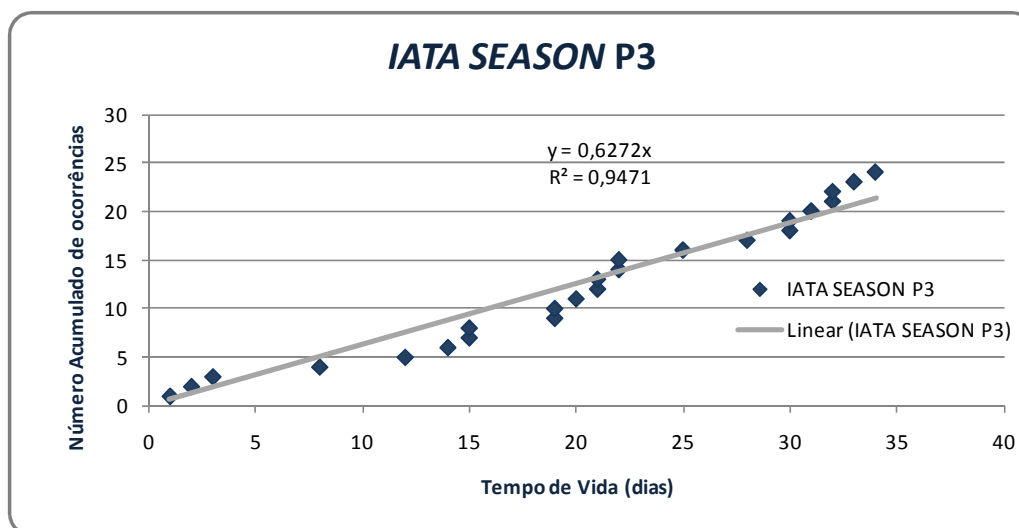


Figura 4.7 – Representação gráfica do Teste de *Laplace* para a Período 3 da *ATA season*.

4.4 Modelo de Riscos Proporcionais

No presente subcapítulo, é aplicado o modelo de riscos proporcionais de forma a modelar o conjunto da frota. Com o auxílio da aplicação informática *SPSS*, aplica-se o *PHM* ao conjunto das doze aeronaves, com o objectivo de se identificarem as mais significativas. No entanto, antes da aplicação do modelo é necessário verificar os pressupostos expostos no Capítulo 2:

i. As covariáveis actuam de forma multiplicativa sobre o risco

ii. Tempos entre ocorrências, independentes entre si;

iii. O rácio das funções de risco para quaisquer duas unidades associadas com diferentes vectores de covariáveis é constante no tempo

Nesta fase é possível testar a independência dos tempos entre ocorrências graficamente:

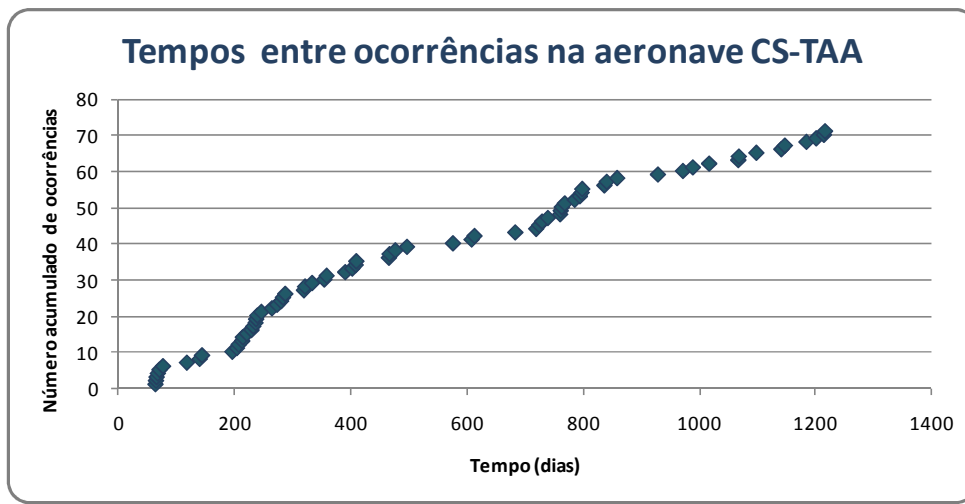


Figura 4.8 – Representação gráfica dos tempos entre ocorrências, registados na aeronave CS-TAA.

Por observação da Figura 4.8, é possível o pressuposto *ii*, isto é, a representação da ordem cronológica das ocorrências permite constatar a independência entre os tempos de ocorrências registados.

A aplicação do modelo de riscos proporcionais requer a utilização de um *software* específico. No presente estudo, optou-se pela utilização da aplicação informática *SPSS* por ser uma das aplicações mais utilizadas no tratamento estatístico de dados; tem ampla aplicabilidade em modelos de regressão; considera dados censurados e disponibiliza diversas funcionalidades necessárias à validação do modelo desenvolvido. Em *Collett* (1994), para além do *SPSS* são também discutidas em detalhe as funcionalidades do *SAS* e *BMDP*, na modelação de tempos de falhas.

De forma a aplicar o *PHM*, criou-se uma base de dados em *Excel* com o registo de todas as ocorrências registadas nas doze aeronaves, que serão as covariáveis presentes no modelo

inicial; estabeleceu-se como variável dependente o tempo de vida, em dias, desde a última ocorrência (T_{vida}); a variável Censura, em que o valor zero indica que estamos na presença de dados censurados à direita.

Na Tabela 4.6, encontra-se a representação esquemática da matriz com todas as covariáveis intervenientes no modelo inicial.

Tabela 4.6 - Matriz das covariáveis intervenientes no modelo inicial.

Matriz	CS-TAA	CS-TBB	CS-TCC	...	CS-TLL
Falha no CS-TAA	1	0	0	0	0
Falha no CS-TBB	0	1	0	0	0
Falha no CS-TCC	0	0	1	0	0
...	0	0	0	1	0
Falha no CS-TKK	0	0	0	0	1
Falha no CS-TLL	0	0	0	0	0

Pode-se também constatar que se considerou o CS-TLL como covariável de base, isto é, será a variável em relação à qual as restantes serão comparadas. Seleccionou-se esta aeronave como variável de base, uma vez que foi a última a entrar ao serviço (é mais recente, é expectável que tenha menos problemas). Efectuando o cálculo da sua fiabilidade de despacho operacional (ver Tabela 4.7), para o período de 1 de Julho de 2008 a 30 de Abril de 2010, pode-se constatar que o seu valor é razoável, quando comparado com os valores da indústria.

Tabela 4.7 - Cálculo da fiabilidade de despacho da aeronave CS-TLL.

Matrícula	<i>Delays (Tec) + Cancellations</i>	<i>Revenue Departures</i>	<i>Reliability</i> 12M
			Tec
CS-TLL	28	1197	97,66

Na interpretação do valor da fiabilidade de despacho, leia-se: em cada 100 partidas comerciais, 3 voos saem com um atraso superior a 15 minutos.

Na aplicação do modelo de regressão, a forma como as variáveis independentes são inseridas no modelo pode ser especificada com base na selecção regressiva (*backward*), gradual (*forward*) ou na selecção passo-a-passo (*stepwise*).

Utilizou-se um método iterativo regressivo, *Backward Wald*, (relatório completo no Anexo C.3) onde no modelo inicial se encontram presentes todas as covariáveis e nas sucessivas iterações, mantêm-se as covariáveis cujo valor de prova é inferior ao valor do nível de significância ($\alpha = 0,05$). Isto é, mantêm-se as covariáveis que sejam estatisticamente significativas ou que demonstrem ter influência sobre a característica em análise.

A primeira covariável a ser eliminada, CS-TEE, possui um valor de prova de 0,952, sendo a covariável menos significativa para o modelo neste *passo*.

Tabela 4.8 – Síntese do modelo de riscos proporcionais na 1ª iteração.

<i>Resumo do número de acontecimentos e Valores censurados</i>						
<i>Total</i>	<i>N/ Censurados</i>		<i>Censurados</i>	<i>% Censurados</i>		
540	528		12	2,2		
<i>Teste Global da Hipótese Nula: BETA = 0</i>						
<i>Critério</i>		<i>S/Covariáveis</i>	<i>C/Covariáveis</i>	<i>Qui-quadrado</i>	<i>Valor de prova</i>	
<i>-2LnL(□)</i>		5619,703	5606,268	13,435 c/ 2 g.l.	0,001	
<i>Análise da Estimativa de Máxima Verosimilhança</i>						
<i>Variável</i>	<i>g.l.</i>	<i>Estimativa do Parâmetro</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Wald Qui-quadrado</i>	<i>Valor de Prova</i>	<i>Relação de Risco</i>
<i>CS - TAA</i>	<i>1</i>	0,289	0,224	1,672	0,196	1,336
<i>CS - TBB</i>	<i>1</i>	0,411	0,22	3,489	0,062	1,508
<i>CS - TCC</i>	<i>1</i>	0,12	0,232	0,269	0,604	1,128
<i>CS - TDD</i>	<i>1</i>	0,103	0,233	0,193	0,66	1,108
<i>CS - TEE</i>	<i>1</i>	-0,015	0,239	0,004	0,952	0,986
<i>CS - TFF</i>	<i>1</i>	0,131	0,233	0,318	0,573	1,14
<i>CS - TGG</i>	<i>1</i>	0,063	0,238	0,07	0,791	1,065
<i>CS - THH</i>	<i>1</i>	-0,397	0,303	1,716	0,19	0,672
<i>CS - THJ</i>	<i>1</i>	-0,426	0,302	1,989	0,158	0,653
<i>CS - TJJ</i>	<i>1</i>	0,038	0,261	0,021	0,884	1,039
<i>CS - TKK</i>	<i>1</i>	-0,324	2,930E-01	1,220	0,269	0,723

Na 12ª iteração obtém-se o modelo final, onde na Tabela 4.9, se encontram sumariados os resultados obtidos através da análise da estimativa da máxima verosimilhança.

Tabela 4.9 - Síntese do resultado final da estimativa de máxima verosimilhança.

<i>Resumo do número de acontecimentos e Valores censurados</i>						
<i>Total</i>	<i>N/ Censurados</i>	<i>Censurados</i>	<i>% Censurados</i>			
540	528	12	2,2			
<i>Teste Global da Hipótese Nula: BETA = 0</i>						
<i>Critério</i>	<i>S/Covariáveis</i>	<i>C/Covariáveis</i>	<i>Qui-quadrado</i>	<i>Valor de prova</i>		
<i>-2LnL(□)</i>	5619,703	5606,268	13,435 c/ 2 g.l.	0,001		
<i>Análise da Estimativa de Máxima Verosimilhança</i>						
<i>Variável</i>	<i>g.l.</i>	<i>Estimativa do Parâmetro</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Wald Qui-quadrado</i>	<i>Valor de Prova</i>	<i>Relação de Risco</i>
<i>CS - TAA</i>	<i>1</i>	2,990E-01	1,310E-01	5,217	0,022	1,348
<i>CS - TBB</i>	<i>1</i>	0,416	1,240E-01	11,286	0,001	1,516

O valor de prova do modelo é de 0,001 (inferior a 5%), por conseguinte, para um nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula, concluindo-se que o modelo está bem ajustado.

Pode-se observar que o sinal da estimativa do coeficiente de regressão é positivo em ambas as covariáveis, o que significa que as suas funções de risco são crescentes, sendo maior o risco de falha, quanto maior for o valor do coeficiente da estimativa do parâmetro. Da Tabela 4.9, na coluna relação de risco, é possível observar o valor dos factores multiplicativos da função de risco base. Pode-se concluir que a covariável CS-TBB contribui para um aumento da função de risco em 51,6%.

Por conseguinte, conclui-se que a aeronave CS-TBB é a variável que mais contribui para o decréscimo da fiabilidade da frota, seguida pela aeronave CS-TAA, que provoca um aumento de 34,8% da função de risco.

Do modelo final obtido pela análise da regressão de Cox, obter-se-á a equação da função de risco em função das diversas variáveis explicativas.

$$h(t; \mathbf{z}) = h_0(t)e^{(CS-TAA \times \beta_1 + CS-TBB \times \beta_2)}$$

$$h(t; CS - TBB) = h_0(t)e^{(0,416)} = h_0(t). 1,516$$

$$h(t; CS - TAA) = h_0(t)e^{(2,99E-01)t} = h_0(t). 1,348$$

Tendo-se constatado que as duas aeronaves que contribuem para o aumento da probabilidade de ocorrências pertencem à variante A330-223, comprova-se o interesse de analisar o valor da fiabilidade de despacho para cada tipo de variante.

4.4.1 Fiabilidade de Despacho para cada Variante

No periódico *Monthly Reliability Data*, é calculado o valor da fiabilidade de despacho, durante o período de 1 ano, para cada tipo de avião operado pela companhia.

No entanto, devido às diferenças entre as variantes de avião A330-223 e A330-202 e devido aos resultados obtidos na aplicação do *PHM*, pretende-se analisar o comportamento da fiabilidade em relação às duas variantes de aeronave, isto é, pretende-se aferir se existe evidência de que uma determinada variante de aeronave tem uma maior contribuição para a função de risco.

Por conseguinte, efectuou-se o cálculo da fiabilidade de despacho para cada variante de avião, utilizando a fórmula de cálculo (2.8). Nesta análise, consideraram-se os cancelamentos e atrasos técnicos registados no período de 1/01/2009 a 31/12/2009.

Tabela 4.10 – Fiabilidade de Despacho da frota completa e de cada uma das variantes.

Fleet	Delays (Tec) + Cancellations	Revenue Departures	Reliability 12M
			Tec
A330	197	7296	97,30
A330-223	142	4108	96,54
A330-202	55	3188	98,27

Como se pode constatar na Tabela 4.10, a fiabilidade de despacho operacional técnica a 12 meses da frota A330 completa, é de 97,30%. No entanto, o valor deste indicador para a variante A330-202 é de 98,27%, pelo que se pode concluir que os aviões da variante

A330-223 possuem um valor de fiabilidade despacho inferior, sendo esta a variante responsável pelo decréscimo da fiabilidade de despacho global da frota.

Com esta breve análise, pretende-se apenas demonstrar que existem evidências de que uma das variantes de aeronave está a contribuir negativamente para a fiabilidade de despacho.

4.4.2 Estimação da Função de Fiabilidade - Método de *Kaplan-Meier*

Uma vez aplicado o *PHM* e determinadas as covariáveis significativas aplicar-se-á o método de *Kaplan-Meier* de forma a estimar, não parametricamente, a função de fiabilidade.

Com o auxílio da aplicação informação informática *SPSS*, obtém-se a curva de sobrevivência de *Kaplan-Meier*, para a frota completa.

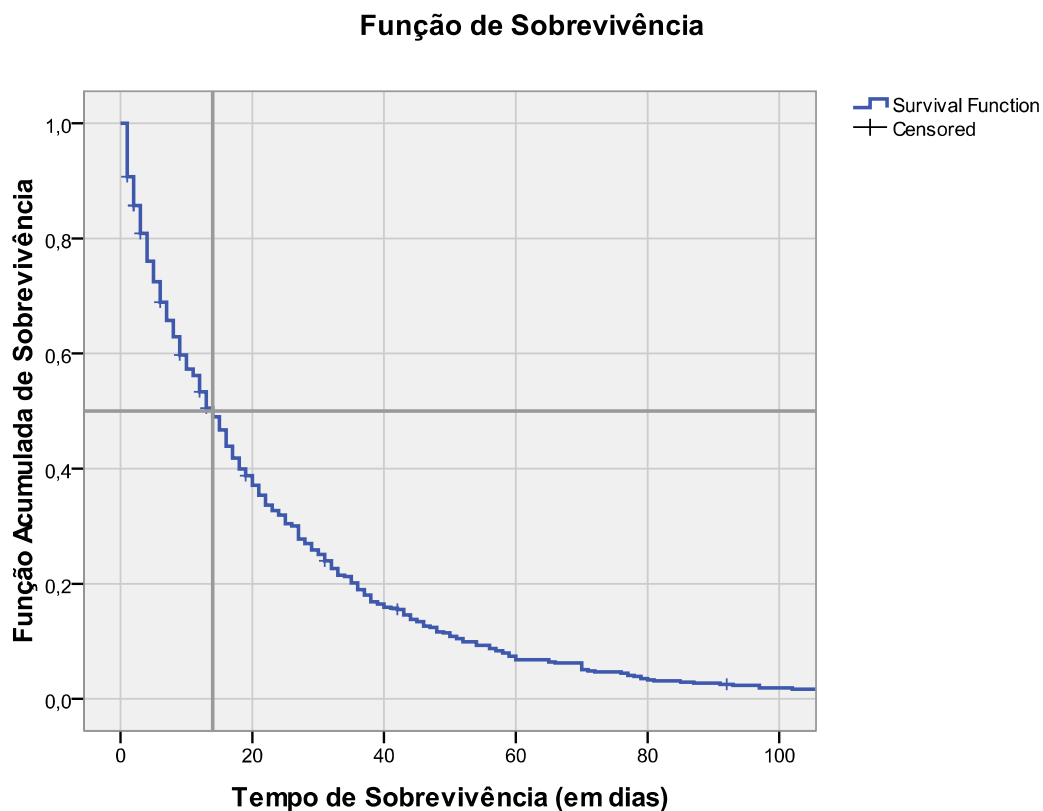


Figura 4.9 – Representação gráfica da função de sobrevivência.

Observa-se que a função acumulada de sobrevivência se encontra no eixo das ordenadas, em termos de probabilidade (entre 0 e 1) e o tempo de sobrevivência, no eixo das abcissas. É possível constatar que à medida que o tempo de sobrevivência aumenta, a fiabilidade da frota diminui.

Com o auxílio das linhas verticais traçadas, por exemplo quando decorridos 14 dias desde o início do período temporal em análise, pode-se observar que a sobrevivência ao atraso ou cancelamento é de 50 %.

Quando se dispõe de diversas amostras, é possível comparar as suas funções de fiabilidade com o intuito de compreender se determinados componentes, por exemplo pertencentes ao mesmo sistema, têm a mesma função de fiabilidade.

Outra representação gráfica que se revela interessante é a que permite avaliar a fiabilidade de cada uma das aeronaves, individualmente. Uma vez que pela aplicação do modelo de riscos proporcionais se constatou que a aeronave CS – TBB possui uma fiabilidade menor quando comparada com o resto da frota, decidiu-se comprar a sua curva de fiabilidade, com um das aeronaves da variante A330-202. Optou-se, aleatoriamente, pela aeronave CS - TKK.

Pela representação gráfica da Figura 4.10, é possível observar as diferenças entre as curvas. A fiabilidade da aeronave CS-TBB possui um decréscimo abrupto num curto espaço de tempo e é sempre inferior à fiabilidade de CS-TKK.

Comparação de Funções de Fiabilidade

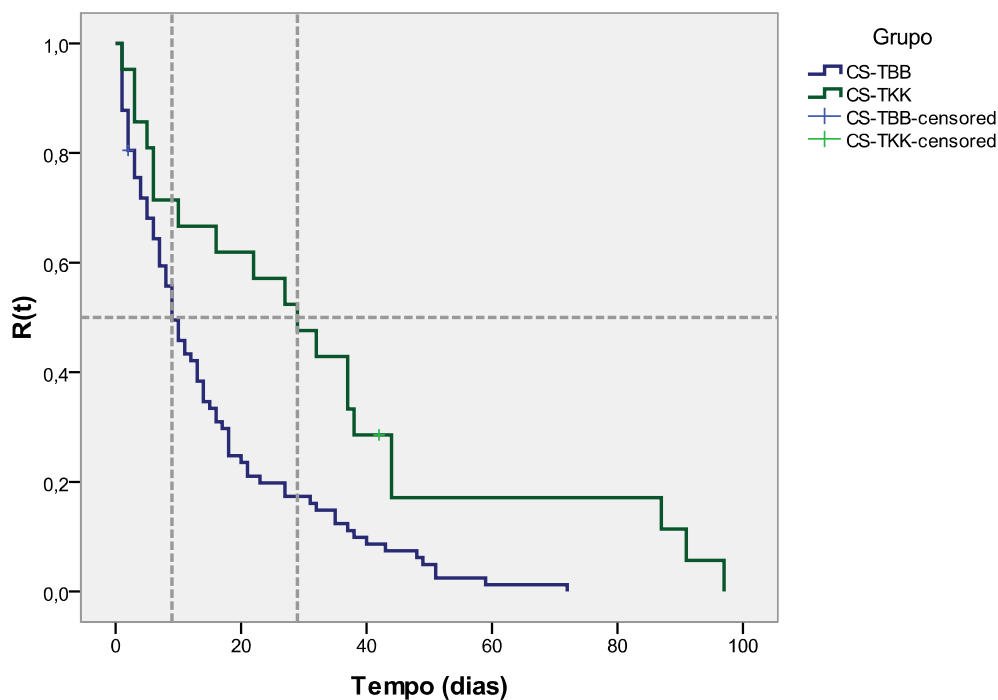


Figura 4.10 - Comparação das curvas de fiabilidade das aeronaves CS - TBB e CS - TKK.

Pode-se observar que a fiabilidade da aeronave CS-TBB atinge os 50%, ao fim de 9 dias, isto é, a probabilidade de se registar um atraso/cancelamento na partida, duplica em 9 dias. A aeronave CS-TKK atinge o mesmo valor de fiabilidade ao fim de 29 dias.

Apesar de ser possível retirar algumas conclusões bastante elucidativas da fiabilidade das aeronaves através da representação gráfica, nesta fase pretende-se aferir acerca das diferenças das funções estimadas de fiabilidade.

$$H_0: \hat{R}_{CS-TBB} = \hat{R}_{CS-TKK}$$

$$H_1: \hat{R}_{CS-TBB} \neq \hat{R}_{CS-TKK}$$

Optou-se pelo teste do *Log-rank* (desenvolvido na secção 3.4.1, do capítulo 3), disponibilizado pelo *software* e alcançaram-se os seguintes resultados:

Tabela 4.11 - Resultados obtidos através da aplicação do teste do *Log-rank*.

	<i>Qui-Quadrado</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>p-value</i>
<i>Log-rank</i>	9,472	1	0,002

O valor de prova é de 0,002, inferior a 5%, pelo que se rejeita a hipótese nula, de que não existem diferenças entre as funções estimadas de fiabilidade. Conclui-se que a função de fiabilidade estimada da aeronave CS – TBB é estatisticamente diferente da CS – TKK.

4.4.3 Validação do Modelo – Resíduos de *Cox-Snell*

Como forma de validar a escolha da aplicação do *PHM*, isto é, com o intuito de avaliar a adequabilidade do modelo, procedeu-se ao cálculo dos resíduos de *Cox-Snell*, com o auxílio das aplicações informáticas *Excel* e *SPSS*. Os valores dos resíduos calculam-se para cada falha, no presente estudo, para cada ocorrência, com o objectivo de conhecer, de forma aproximada, o seu comportamento.

Na aplicação *SPSS*, obtém-se a estimativa de fiabilidade para cada observação. Em 500 observações, só se verificam discrepâncias em aproximadamente 10 pontos. Observando a fiabilidade desses 10 pontos, constata-se que nestes casos o seu valor é muito baixo pelo que se eliminaram os valores de fiabilidade inferiores a 0,009. Aplicando a função $-\ln$ a cada um dos valores estimados, obtêm-se os valores dos resíduos observados e através da expressão $-\ln (R(\hat{e}_i))$ os resíduos esperados (tabela com todos os resultados em Anexo C.4).

Uma vez alcançados os valores dos resíduos observados e dos resíduos esperados para cada observação, procede-se à sua representação gráfica.

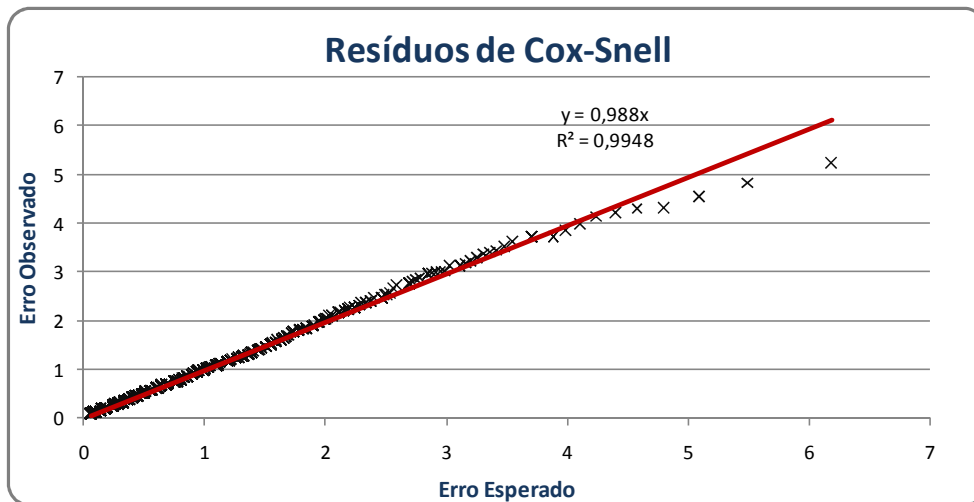


Figura 4.11 - Resíduos de *Cox-Snell* para a frota de A330.

Por observação do gráfico da Figura 4.11, pode-se concluir que o ajuste do modelo é aceitável, uma vez que a recta de ajuste possui uma inclinação muito próxima dos 45° . Os resíduos, na sua grande maioria, encontram-se sobre a recta, pelo se pode concluir que os valores observados da função de fiabilidade aproximam-se dos valores esperados.

Constata-se também que a maioria dos resíduos se encontra sobre a recta e os seus valores seguem uma distribuição exponencial com parâmetro de escala unitário.

4.5 Discussão de resultados

Globalmente, o sistema reparável em estudo, a frota de A330, segue um *PPH*.

Com a aplicação do modelo *PHM*, é possível constatar que os dois aviões presentes no modelo final pertencem à variante A330-223 e ambos contribuem para o aumento da função de risco, isto é, aumentam a probabilidade de atraso na operação comercial da frota. Verificou-se com aplicação deste modelo, que a aeronave CS – TAA contribui para um aumento de cerca de 35% na probabilidade condicionada de falha e o avião CS – TBB com cerca de 52%

O cálculo da fiabilidade de despacho para cada variante de avião (A330-223 e A330-202), veio corroborar as conclusões retiradas da aplicação do *PHM*. Por conseguinte, após a

análise global à frota A330, conclui-se que a fiabilidade de despacho da mesma está a ser prejudicada pelas aeronaves da variante A330-223.

A aplicação do método de *Kaplan-Meier* permitiu a estimação, não paramétrica, da função de fiabilidade, podendo observar-se a sua evolução ao longo do tempo através das representações gráficas. Complementou-se o estudo com uma análise comparativa de duas funções de fiabilidade, com o intuito de compreender se têm a mesma função de fiabilidade. Através do teste do *Log-rank*, concluiu-se que a fiabilidade da aeronave CS – TBB é estatisticamente diferente da CS – TKK.

De forma a verificar a adequabilidade do modelo, procedeu-se à análise de resíduos *Cox-Snell*, tendo-se constatado que o ajuste do modelo é aceitável.

Capítulo 5

Análise Estatística das Ocorrências Sistema-Avião

5.1 Introdução

5.2 Modelo de Riscos Proporcionais

5.3 Análise do Top 6 dos Sistemas-Avião

5.4 Discussão de Resultados

5.1 Introdução

Pela análise apresentada anteriormente, concluiu-se que a variante A330-223 contribui de forma mais activa para o decréscimo da fiabilidade de despacho, relativamente à globalidade da frota. Pelo que, no presente capítulo, análise desenvolvida centrar-se-á apenas nas aeronaves da variante A330-223.

Nesta fase pretende-se analisar quais os sistemas-avião, identificados por capítulo ATA, que estão na origem dos atrasos/cancelamentos relativamente às partidas das aeronaves, através do modelo de riscos proporcionais.

Uma vez que os sete aviões da variante A330-223 são mais antigos, existe mais informação disponível, pelo que se consideraram as 372 ocorrências (atrasos superiores a 15 minutos e cancelamentos de voos) registadas no período de 1 de Outubro de 2007 a 30 de Abril de 2010.

Uma vez identificados os sistemas, a análise subsequente focar-se-á no top 6 dos capítulos ATA mais problemáticos, isto é, os seis sistemas-avião que mais contribuem para os atrasos nas partidas. Após a identificação, pretende-se evidenciar quais as principais causas das ocorrências.

5.2 Modelo de Riscos Proporcionais

A aplicação do modelo de riscos proporcionais é efectuada de forma análoga à descrita no ponto 4.4, sendo definida como covariável de base, o capítulo ATA 73. Esta covariável foi seleccionada como base, uma vez que as razões das ocorrências registadas são amplamente conhecidas pela companhia.

A primeira covariável a ser eliminada (relatório completo no Anexo C.3), ATA 22, possui um valor de prova de 0,790, sendo a covariável menos significativa para o modelo neste *step*.

Tabela 5.1 - Síntese do modelo de riscos proporcionais na 1ª iteração para os capítulos ATA.

<i>Resumo do número de acontecimentos e Valores censurados</i>						
<i>Total</i>	<i>N/ Censurados</i>	<i>Censurados</i>	<i>% Censurados</i>			
372	344	28	7,5			
<i>Teste Global da Hipótese Nula: BETA = 0</i>						
<i>Critério</i>	<i>S/Covariáveis</i>	<i>C/Covariáveis</i>	<i>Qui-quadrado</i>	<i>Valor de prova</i>		
<i>-2LnL(□)</i>	3412,475	3299,532	112,943 c/ 17 g.l.	1,126E-13		
<i>Análise da Estimativa de Máxima Verosimilhança</i>						
<i>Variável</i>	<i>g.l.</i>	<i>Estimativa do Parâmetro</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Wald Qui-quadrado</i>	<i>Valor de Prova</i>	<i>Relação de Risco</i>
ATA 28	1	1,105E+00	4,440E-01	6,193	0,013	3,020
ATA 29	1	1,920E-01	5,240E-01	0,135	0,713	1,212
ATA 30	1	-1,970E-01	5,600E-01	0,124	0,725	0,821
ATA 31	1	-1,158E+00	7,260E-01	2,541	0,111	0,314
ATA 32	1	1,316E+00	4,340E-01	9,215	0,002	3,729
ATA 33	1	4,470E-01	4,940E-01	0,818	0,366	1,564
ATA 34	1	6,770E-01	4,740E-01	2,037	0,154	1,968
ATA 35	1	-1,227E+00	8,050E-01	2,324	0,127	0,293
ATA 36	1	7,080E-01	4,710E-01	2,258	0,133	2,030
ATA 38	1	1,208E+00	4,380E-01	7,617	0,006	3,348
ATA 46	1	-1,292E+00	8,090E-01	2,550	0,110	0,275
ATA 49	1	6,540E-01	4,740E-01	1,907	0,167	1,924
ATA 52	1	1,029E+00	4,480E-01	5,279	0,022	2,799
ATA 56	1	-1,416E+00	8,200E-01	2,985	0,084	0,243
ATA 71	1	-4,370E-01	5,980E-01	0,535	0,465	0,646
ATA 75	1	-8,450E-01	6,920E-01	1,494	0,222	0,429
ATA 77	1	-1,629E+00	8,540E-01	3,640	0,056	0,196
ATA 78	1	-1,079E+00	7,250E-01	2,215	0,137	0,340
ATA 79	1	-2,454E+00	1,142E+00	4,619	0,032	0,086
ATA 80	1	3,550E-01	4,970E-01	0,511	0,475	1,426

Após dezanove iterações obtém-se o modelo final, onde na Tabela 5.2, se encontra a síntese dos resultados obtidos através da análise da estimativa da máxima verossimilhança.

Tabela 5.2 - Síntese do resultado final da estimativa de máxima verossimilhança.

<i>Resumo do número de acontecimentos e Valores censurados</i>						
<i>Total</i>	<i>N/ Censurados</i>		<i>Censurados</i>	<i>% Censurados</i>		
372	344		28	7,5		
<i>Teste Global da Hipótese Nula: BETA = 0</i>						
<i>Critério</i>		<i>S/Covariáveis</i>	<i>C/Covariáveis</i>	<i>Qui-quadrado</i>	<i>Valor de prova</i>	
<i>-2LnL(□)</i>		3412,475	3299,532	112,943 c/ 17 g.l.	1,126E-13	
<i>Análise da Estimativa de Máxima Verossimilhança</i>						
<i>Variável</i>	<i>g.l.</i>	<i>Estimativa do Parâmetro</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Wald Qui-quadrado</i>	<i>Valor de Prova</i>	<i>Relação de Risco</i>
ATA 21	1	1,955E+00	2,960E-01	43,520	0,000	7,063
ATA 22	1	9,170E-01	4,070E-01	5,075	0,024	2,502
ATA 23	1	2,144E+00	2,850E-01	56,582	0,000	8,531
ATA 24	1	1,769E+00	3,110E-01	32,331	0,000	5,862
ATA 25	1	1,873E+00	3,010E-01	38,838	0,000	6,508
ATA 26	1	1,444E+00	3,320E-01	18,963	0,000	4,236
ATA 27	1	1,568E+00	3,290E-01	22,663	0,000	4,799
ATA 28	1	1,878E+00	3,010E-01	38,966	0,000	6,543
ATA 29	1	9,720E-01	4,080E-01	5,692	0,017	2,644
ATA 32	1	2,090E+00	2,850E-01	53,851	0,000	8,086
ATA 33	1	1,222E+00	3,700E-01	10,881	0,001	3,393
ATA 34	1	1,452E+00	3,430E-01	17,874	0,000	4,270
ATA 36	1	1,486E+00	3,380E-01	19,305	0,000	4,419
ATA 38	1	1,928E+00	2,920E-01	46,223	0,000	7,259
ATA 49	1	1,429E+00	3,430E-01	17,389	0,000	4,174
ATA 52	1	1,804E+00	3,060E-01	34,770	0,000	6,075
ATA 80	1	1,136E+00	3,730E-01	9,261	0,002	3,114

O valor de prova do modelo é de $1,126E^{-13}$ (inferior a 5%), por conseguinte, para um nível de significância de 5%, rejeita-se H_0 , concluindo que o modelo está bem ajustado.

Pode-se observar que o sinal do coeficiente de regressão é positivo para todas as variáveis presentes no modelo final, isto é, todas as variáveis contribuem para o aumento do risco de ocorrências.

Da tabela síntese, na coluna da relação de risco, é possível observar o valor dos factores multiplicativos da função de risco base. Pode-se concluir que todas as variáveis contribuem para o aumento da função de risco.

Do modelo final obtido pela análise da regressão de *Cox*, obter-se-á a equação da função de risco em função das diversas variáveis explicativas.

$$h(t; z) = h_0(t)e^{(ATA_{21} \times \beta_1 + ATA_{22} \times \beta_2 + \dots + ATA_{52} \times \beta_{16} + ATA_{80} \times \beta_{17})}$$

E com base na expressão 3.18, para a variável capítulo *ATA 23*, por exemplo, obtém-se a seguinte expressão:

$$h(t; ATA\ 23) = h_0(t)e^{(2,114)} = h_0(t).8,531$$

Devido ao elevado número de variáveis presentes no modelo final, será efectuada uma análise mais profunda das causas dos atrasos, do top 6 dos capítulos *ATA* que se evidenciam como os mais problemáticos.

Por conseguinte, conclui-se que os sistemas relativos aos capítulos 23; 32; 38; 21 e 28 são as variáveis que mais contribuem para o decréscimo da fiabilidade da frota A330-223.

Tabela 5.3 – Síntese do top 6 dos capítulos *ATA*.

Capítulos <i>ATA</i>	Sistema-Avião
23	Comunicações
32	Trem de Aterragem
38	Água/Resíduos
21	Ar Condicionado
28	Combustível
25	Equipamentos/Mobiliário

5.2.1 Estimação da função de fiabilidade - Método de *Kaplan-Meier*

À semelhança da estimação apresentada no capítulo anterior, na presente secção, a estimativa da função de fiabilidade também foi obtida pelo método de *Kaplan-Meier*, com recurso às funcionalidades da aplicação *SPSS*.

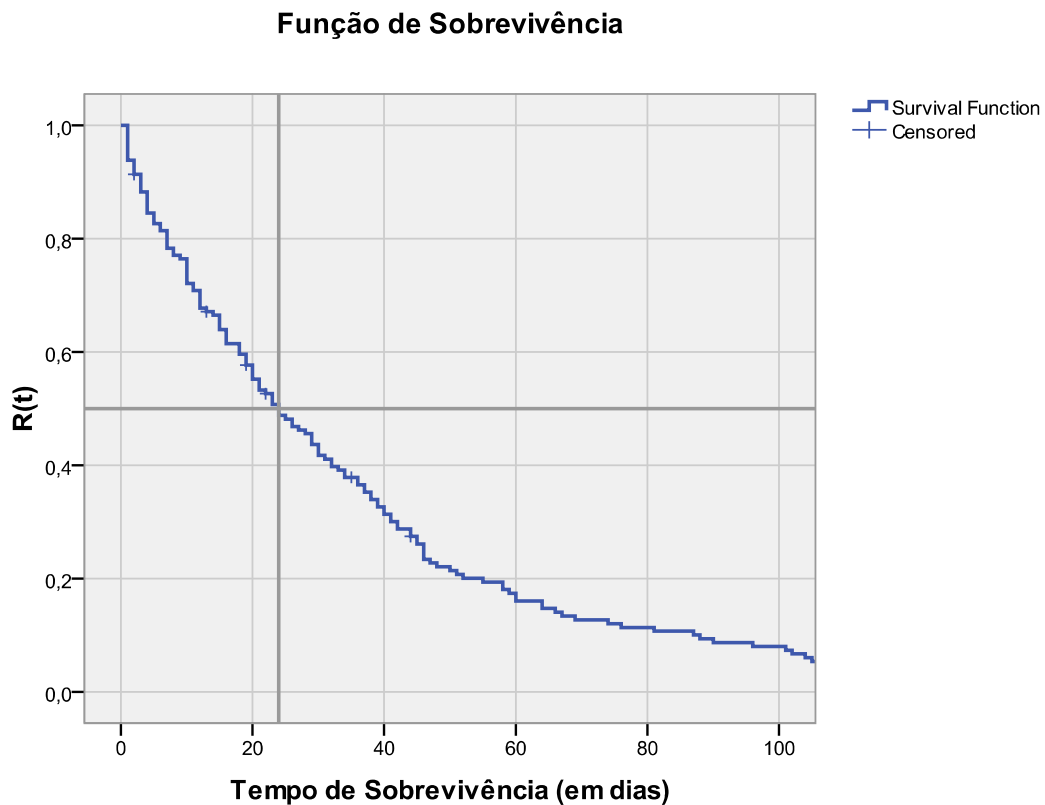


Figura 5.1 - Representação gráfica da função de sobrevivência.

Por observação da representação gráfica da Figura 5.1, conclui-se que a fiabilidade dos seis sistemas em análise decresce ao longo do tempo. Adoptando a mesma metodologia em que se recorre a linhas auxiliares, pode-se observar que a ao fim de 24 dias, a fiabilidade dos sistemas decresce em 50%.

Salienta-se que as leituras efectuadas nos gráficos, relativamente à intersecção das rectas, são exactas, devido às funcionalidades facultadas pela aplicação informática.

Outra representação gráfica que se revela interessante é a que permite analisar as diferenças entre as curvas de fiabilidade de cada um dos sistemas, pertencentes ao top 6,

individualmente. Pela Figura 5.2, observa-se globalmente que, aproximadamente, até ao quinquagésimo dia, existe um decréscimo acentuado das funções de fiabilidade.

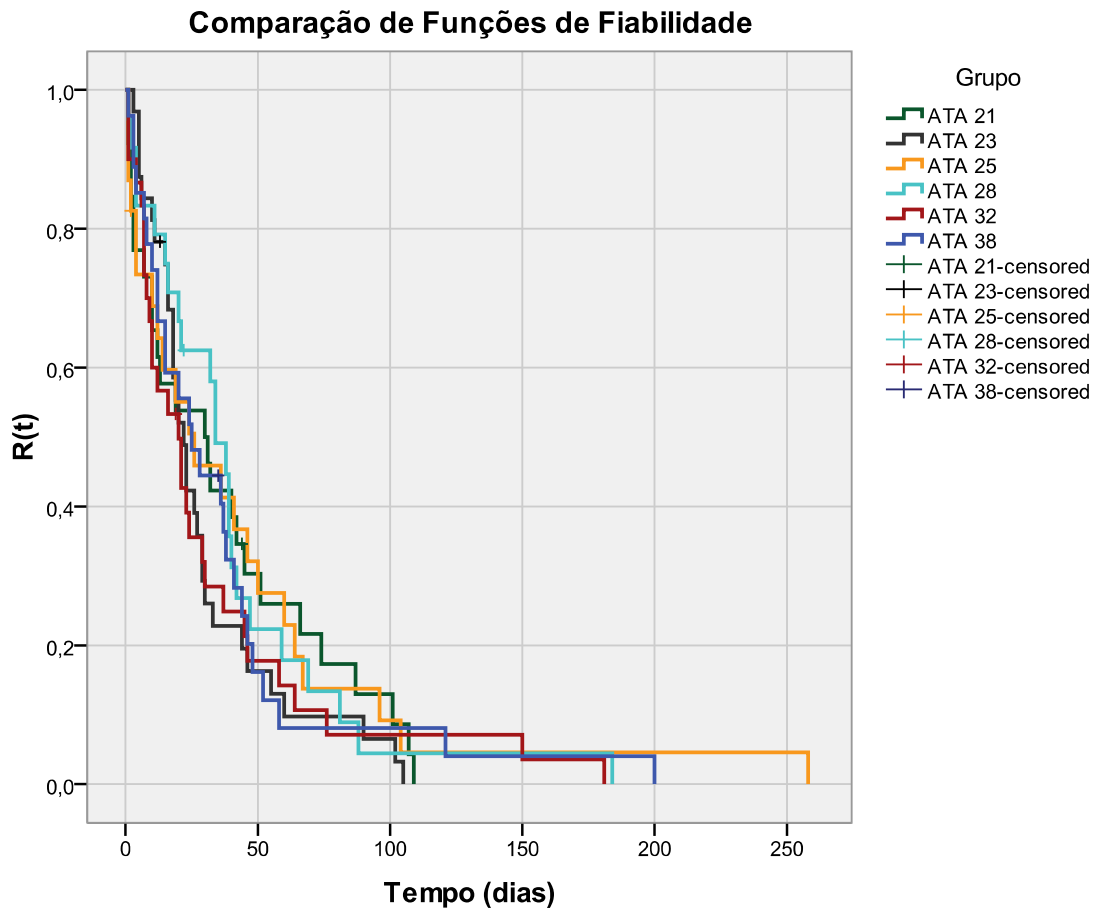


Figura 5.2 - Comparação das curvas de fiabilidade dos sistemas classificados segundo a nomenclatura ATA *iSpec 2200*.

Porém, apesar das curvas se evidenciarem idênticas, recorrer-se-á ao teste do *Log-rank*, para que se possa inferir acerca da igualdade das curvas de fiabilidade.

Recorrendo às funcionalidades do *software*, obtém-se os seguintes resultados:

Tabela 5.4 - Resultados obtidos para o teste do *Log-rank*.

	<i>Qui-Quadrado</i>	<i>Graus de Liberdade</i>	<i>p-value</i>
<i>Log-rank</i>	2,125	5	0,832

Uma vez que o valor de prova é superior a 0,05, não se rejeita a hipótese nula, concluindo-se que as funções de fiabilidade estimadas para os sistemas identificados como top 6, não são estatisticamente diferentes.

5.2.2 Validação do Modelo – Resíduos *Cox-Snell*

Neste subcapítulo pretende-se avaliar a adequabilidade do modelo. Logo, procedeu-se ao cálculo dos resíduos de *Cox-Snell*.

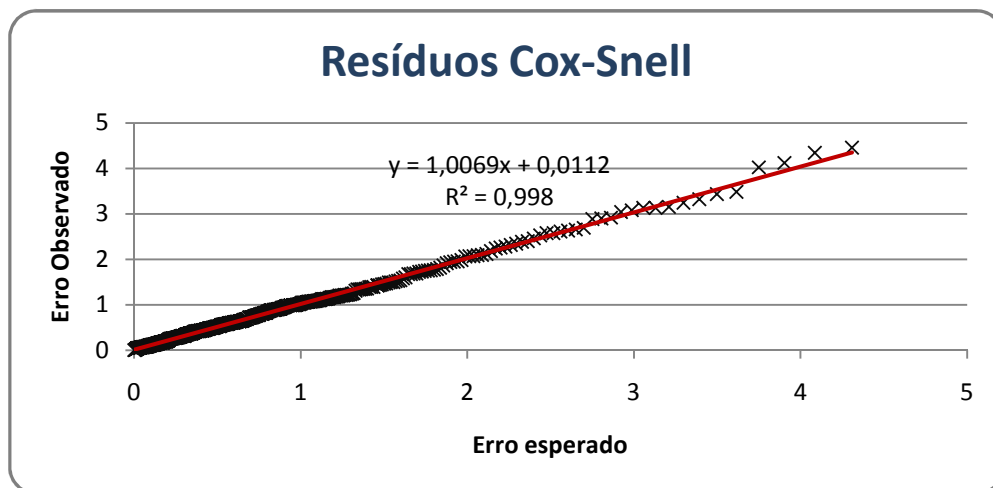


Figura 5.3 - Resíduos de *Cox-Snell* para o top 6 dos sistemas-avião.

Por observação do gráfico da Figura 5.3, pode-se concluir que o ajuste do modelo é aceitável, uma vez que os resíduos, na sua maioria, se encontram sobre a recta de ajuste que possui uma inclinação muito próxima dos 45°.

Os valores dos resíduos seguem uma distribuição exponencial com parâmetro de escala unitário, podendo-se concluir que os valores observados da função de fiabilidade aproximam-se dos valores esperados.

5.3 Análise dos sistemas avião

Os sistemas-avião são classificados segundo a nomenclatura *ATA iSpec 2200*, tornando possível a análise estatística apresentada no documento. Nesta fase, será dada maior ênfase aos sistemas-avião que contribuem para a perturbação da operação. Uma vez identificado o top 6 dos sistemas que causam mais atrasos nas partidas comerciais, nesta etapa serão identificadas e analisadas as principais causas e as respectivas acções tomadas.

Em seguida, será apresentada uma breve descrição do conteúdo de cada um dos capítulos *ATA iSpec 2200*, pertencentes ao top 6 e das respectivas secções em que se registaram ocorrências, isto é, serão apenas mencionados os subsistemas nos quais se registaram problemas e consequentemente, causaram atrasos nas partidas.

5.3.1 Sistema de Comunicações - ATA 23

O capítulo *ATA 23*, sistema de comunicações, revelou-se o sistema que contribui para um maior número de atrasos nas partidas comerciais.

O sistema de comunicações permite que os membros da tripulação comuniquem entre si, a partir do *cockpit* e de terra. Possibilita também a comunicação com os passageiros, outras aeronaves e com as estações em terra.

Na tabela seguinte, encontra-se a síntese das designações atribuídas à combinação do capítulo e secção.

Tabela 5.5 – Capítulo ATA 23 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Title</i>
23	11	<i>HF SYSTEM</i>
	24	<i>AIRCRAFT COMMUNI.ADDRESSING/REPORTNG SYS</i>
	31	<i>PASSENGER ADRESS SYSTEM</i>
	33	<i>PASSENGER MUSIC SYSTEM</i>
	36	<i>ENTERTAINMENT-PASSENGER VIDEO</i>
	43	<i>CABIN AND FLIGHT CREW INTERPHONE SYSTEM</i>
	73	<i>CABIN INTERCOMMUNICATION DATA SYSTEM</i>
	92	<i>CABIN COMMUNICATIONS SYSTEM</i>

Com os valores da frequência absoluta, é possível determinar qual o subsistema que mais contribui para os atrasos.

Na Figura 5.4 pode-se observar a representação gráfica da contribuição de cada uma das secções pertencentes aos respectivos capítulos.

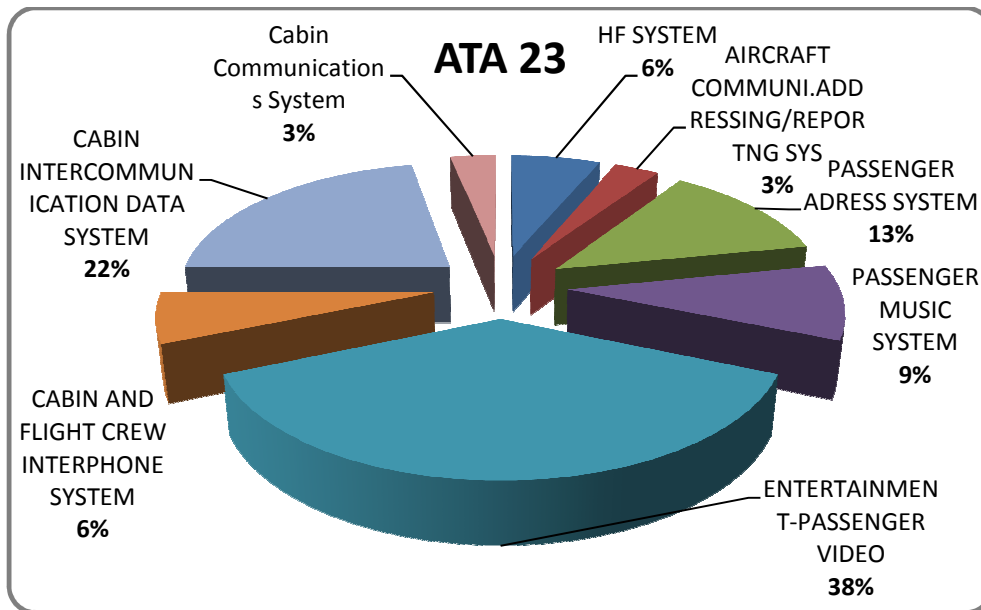


Figura 5.4 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 23.

Relativamente às comunicações, verifica-se que 38% dos atrasos ocorrem devido a avarias no sistema de vídeo entretenimento dos passageiros.

Por observação das descrições dos problemas encontrados pelos técnicos de manutenção e pelas descrições das acções correctivas tomadas, pode-se observar que na grande maioria das vezes, o avião segue com as anomalias, uma vez que é um sistema que não compromete de qualquer forma a segurança do voo.

5.3.2 Sistema de Trem de Aterragem – ATA 32



Figura 5.5 – Trem de aterragem principal
(Fonte: *Company Profile*, 2009).

Com a análise estatística efectuada anteriormente, pode-se concluir que o capítulo 32, sistema de trem de aterragem, é o segundo sistema mais problemático.

Este sistema fornece à aeronave um meio de apoio e orientação no solo que possui dois *main landing gears* (trens principais) e um *nose landing gear* (trem de proa).

Este capítulo contempla também o sistema retráctil que apoia a recolha e armazenagem do trem de aterragem, durante o voo no respectivo compartimento situado na fuselagem, bem como os meios mecânicos e hidráulicos necessários ao fecho da porta, após a recolha do trem de aterragem. Salienta-se a importância do sistema de travões que permite imobilizar a aeronave no solo e o sistema de orientação da aeronave no solo, proporcionado pelo sistema de direcção instalado no trem de proa.

Tabela 5.6 - Capítulo ATA 32 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Description</i>
32	11	MAIN GEAR
	20	NOSE GEAR AND DOORS
	21	NOSE GEAR
	31	NORMAL EXTENSION AND RETRACTION
	41	WHEELS
	42	NORMAL BRAKING
	43	ALTERNATE BRAKING WITH ANTI SKID
	45	PARKING BRAKING
	49	TIRE PRESSURE INDICATING SYSTEM
	53	NOSE LANDING GEAR

A partir da informação registada, mais concretamente dos valores de frequência absoluta, é possível determinar qual o subsistema que mais contribui para os atrasos.

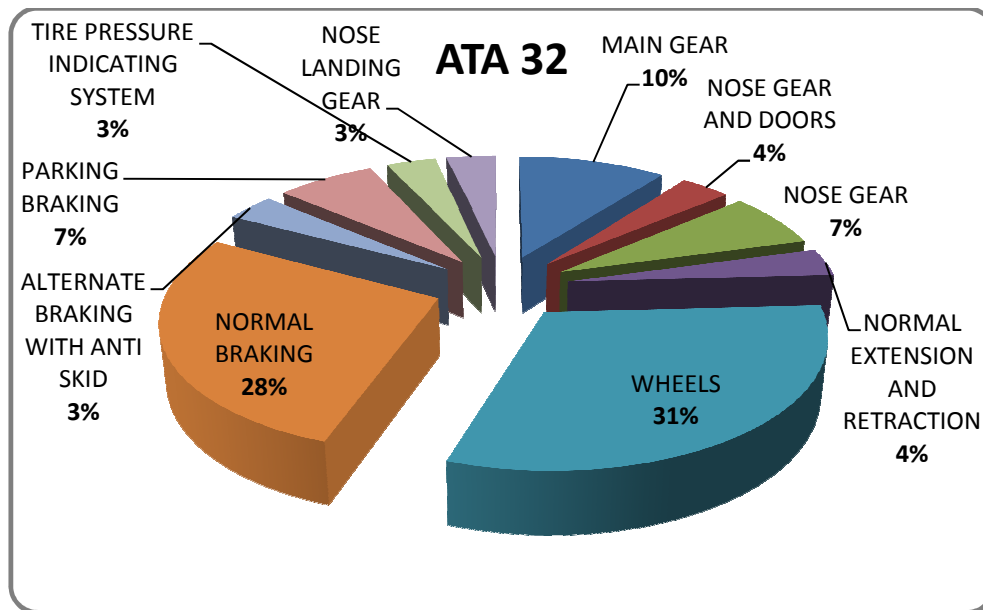


Figura 5.6 – Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 32.

Por observação da representação gráfica, pode-se concluir que 31% dos atrasos nas partidas, classificados como capítulo ATA 32, devem-se a problemas nas rodas.



e: João Toste).

Nos trens principais estão instalados dois eixos cada com duas rodas, cujas jantes são maquinadas em liga de alumínio forjado. O trem de proa apenas tem um eixo no qual estão instaladas duas rodas.

Por observação das descrições das causas que levaram a este tipo de atrasos, pode-se constatar que a maior parte dos atrasos devem-se a desgaste nas rodas e dois casos de perda de pressão.

Em 2005, a Companhia iniciou o projecto *Fuel Conservation*, mantido até a data, devido ao preço do combustível e por outro lado, devido à crescente preocupação ambiental e a implementação a curto prazo, do *EU Emissions Trading Scheme*⁴² (Relatório Anual 2009,

⁴² Consultar: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:008:0003:0021:PT:PDF>

2010, p. 67). Logo, a opção por uma política de poupança de combustível, evitando sempre que possível a desaceleração na aterragem por actuação de *thrust reverse*⁴³, que impõe uma maior percentagem de dissipação de energia cinética por utilização de travões e máximo comprimento da pista de aterragem para dissipação por fricção aerodinâmica e conseqüentemente, ao desgaste mais acentuado da borracha dos pneus das rodas.

No entanto, por consulta do *LMM* (não facultado neste documento devido a termos de confidencialidade), verifica-se que nas cartas de trabalho de inspecções de trânsito, para a frota A330, relativamente às inspecções T1, exige-se apenas o registo dos conjuntos de travões, cujo pino tenha menos de 2mm.

Registrar a medida em mm do comprimento de uso dos pinos dos travões se < 2 mm:

#1 __ mm	#2 __ mm	#3 __ mm	#4 __ mm
#5 __ mm	#6 __ mm	#7 __ mm	#8 __ mm

Figura 5.8 - Excerto de uma carta de trabalho de inspecção de trânsito, para a frota A330.

Porém, a carta de trabalho de inspecções T1 para a frota A320 FAM, exige tanto a medição do pino dos travões, como as medidas de Groove dos pneus. Os seus valores devem ser registados, sempre que excedam o limite de alerta.

Assinalar com uma cruz, a(s) roda(s) e o(s) travão(ões) que atingiram o limite de alerta (LA)

TRAVÕES LA - 1,0mm	#1 <input type="checkbox"/>	#2 <input type="checkbox"/>	#3 <input type="checkbox"/>	#4 <input type="checkbox"/>
RODAS LA - 2,0mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTA: Como referência, consultar anexos IV (Rodas) e V (Travões)

Figura 5.9 - Excerto de uma carta de trabalho de inspecção de trânsito, para a frota A320 FAM.

⁴³ O sistema de inversão de propulsão auxilia na desaceleração da aeronave imediatamente a seguir à sua aterragem. Este sistema redirecciona o impulso da turbina de cada motor.

Tendo sido os problemas com rodas identificado como um dos principais sistemas que contribuem para os atrasos nas partidas da frota, sugere-se a adição de uma tarefa de inspeção à frota A330 à semelhança do já é efectuado para a frota A320 FAM.

5.3.3 Sistema de Água/Resíduos – ATA 38

O capítulo ATA 38 está relacionado com sistema de águas e resíduos. É através deste sistema que as *galleys* e os lavatórios são abastecidos de água potável, a partir dos reservatórios que a armazenam. Cumulativamente transfere os resíduos dos sanitários para os tanques de retenção de detritos. Este sistema é também responsável pela remoção das águas residuais provenientes dos lavatórios e das *galleys*, para a atmosfera.

Tabela 5.7 - Capítulo ATA 38 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Description</i>
38	11	WATER STORAGE
	12	DISTRIBUTION
	13	QUANTITY INDICATING
	30	WASTE DISPOSAL
	31	TOILET SYSTEM
	32	WASTE WATER DRAIN
	33	WASTE LEVEL INDICATING
	42	AIR SUPPLY BOOST SYSTEM

Por observação do gráfico da Figura 5.10, pode-se concluir que a principal causa dos atrasos classificados pelo capítulo 38, reside no sistema de lavabos. Este subsistema transfere os resíduos e líquidos dos sanitários para os tanques de retenção.

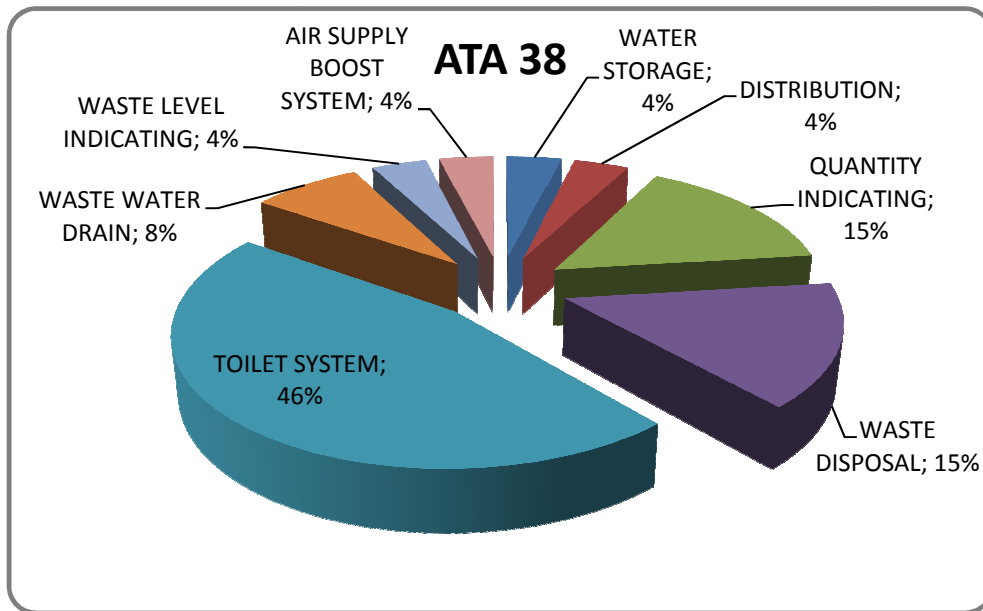


Figura 5.10 - Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 38.

Este modelo de aeronaves efectua essencialmente viagens de longo curso, cuja utilização média diária é de 12,93h (valor retirado do *fleet reliability report* de Junho de 2010 em Anexo A.6), pelo que este tipo de avarias provoca imensos transtornos.

5.3.4 Sistema de Ar Condicionado – ATA 21

Relativamente ao sistema de ar condicionado, a sua função baseia-se em manter a pressurização do ar nos compartimentos da fuselagem, à pressão, temperatura e humidade correctas.

Tabela 5.8 - Capítulo ATA 21 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Description</i>
21	21	CABIN AIR DISTRIBUTION AND RECIRCULATION
	24	INDIVIDUAL AIR DISTRIBUTION
	26	AVIONICS EQUIPMENT VENTILATION
	28	LOWER DECK CARGO COMPT VENTILATI/COOLING
	43	LOWER DECK CARGO COMPARTMENT HEATING
	52	AIR CONDITIONING (PACKS)
	53	PACK CONTROL AND INDICATING
	63	COCKPIT AND CABIN TEMPERATURE CONTROL

Durante o período temporal em análise, registaram-se mais ocorrências no subsistema codificado pelo capítulo 23 secção 28, relativo à ventilação e arrefecimento no compartimento de carga, como se pode observar pela Figura 5.11.

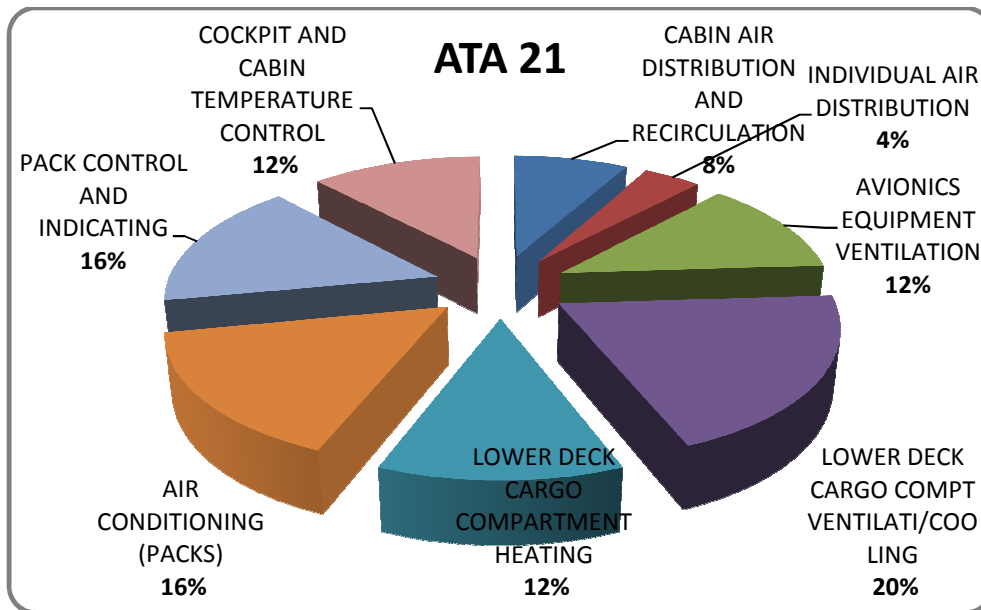


Figura 5.11 - Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 21.

A problemática relativamente a este sistema é amplamente conhecida. Este sistema foi um dos mais alterados para melhoria de fiabilidade entre os A330 *Classic*. O capítulo ATA 21 apresentava uma fiabilidade tão baixa, que os operadores “forçaram” o fabricante a redesenhar o sistema, criando a versão *Enhanced*, presente na variante A330-202.

Neste caso em particular, poderiam ser retiradas mais conclusões aplicando a mesma metodologia, à variante A330-202.

5.3.5 Sistema de Combustível – ATA 28

O sistema de combustível, codificado pelo capítulo ATA 28 tem como objectivos:

- Manter o combustível no tanque principal e no *trim* tanque, que possuem ligação para a atmosfera através de tanques *vent surge*;
- Controlar e fornecer combustível, nas quantidades correctas, para os respectivos tanques durante as operações de reabastecimento;
- Fornecer combustível aos motores;

- Fornecer combustível ao *Auxiliary Power Unit*;
- Transferir o combustível de e para o tanque *trim*, durante o voo, de forma a controlar o centro de gravidade da aeronave; ajustando a atitude da aeronave em voo de modo a maximizar sustentação, sem aumento de resistência aerodinâmica associada à actuação de superfícies de comando em profundidade do voo.

Tabela 5.9 - Capítulo ATA 28 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Description</i>
28	0	FUEL-GENERAL
	11	TANKS
	20	DISTRIBUTION
	21	MAIN FUEL PUMP SYSTEM
	25	REFUEL/DEFUEL SYSTEM
	26	MAIN TRANSFERT SYSTEM
	27	TRIM TRANSFERT SYSTEM
	42	QUANTITY INDICATING
	49	FUEL TEMPERATURE MEASUREMENT

Por observação da Figura 5.12, pode-se constatar que os atrasos classificados como capítulo ATA 28, devem-se na sua maioria, a ocorrências no sistema principal de bomba de combustível.

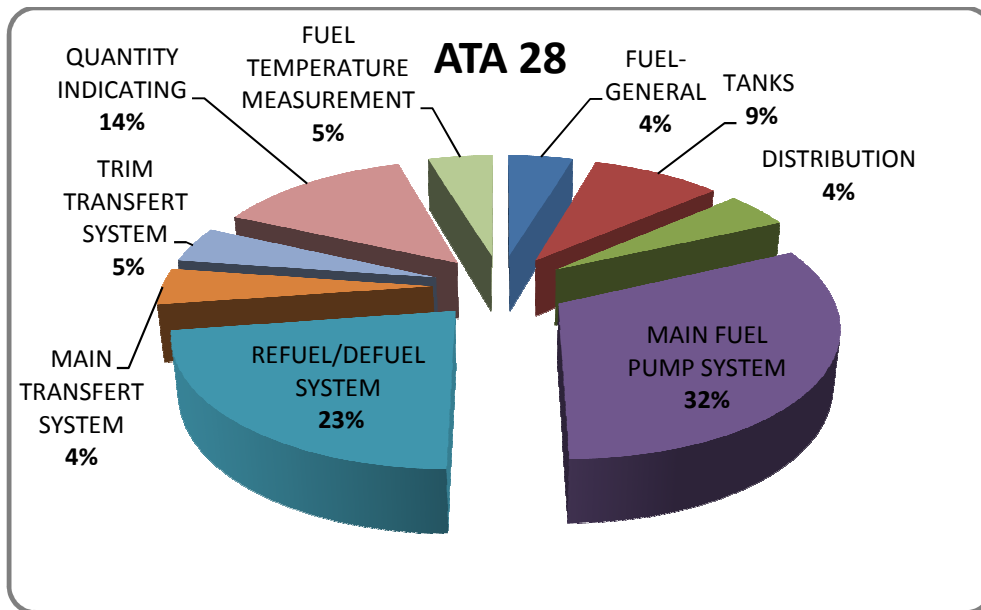


Figura 5.12 - Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 28.

O sistema de bomba de combustível principal tem como missão fornecer combustível que se encontra nos tanques, aos motores. O sistema é constituído por quatro bombas principais e por duas bombas que se encontram em *standby*. Normalmente, só as bombas principais é que operam e apenas em caso de avaria as bombas de reserva iniciam actividade automaticamente.

Neste caso, as descrições das causas dos atrasos são na sua maioria devido à obstrução dos filtros e a indicações erróneas relativamente ao nível de combustível.

5.3.6 Equipamento/Mobiliário – ATA 25

São descritos os itens de equipamentos e mobiliário removíveis, montados externamente na aeronave ou contidos nos compartimentos de passageiros, carga e de acessórios (comprimento de aviónicos e compartimentos dos trens). Inclui também os equipamentos presentes nas *galleys* que auxiliam a preparação das refeições e bebidas e equipamentos das instalações sanitárias.

Tabela 5.10 - Capítulo ATA 25 e respectivas secções.

<i>Chapter</i>	<i>Section</i>	<i>Description</i>
25	21	PASSENGER COMPARTMENT SEATS
	25	PASSENGERS SERVICE/INFORMATION UNITS
	30	BUFFET AND GALLEY
	31	FORWARD GALLEY
	32	MID GALLEY
	33	AFT GALLEY
	35	GALLEY EQUIPMENT
	51	LOWER DECK CARGO LOADING SYSTEM
	54	LOWER DECK BULK CARGO COMPARTMENT
	62	CABIN ESCAPE FACILITIES
	64	FIRST AID EQUIPMENT
	66	FLOATATION AND SURVIVAL EQUIPMENT



Figura 5.13 – Cadeiras de Passageiros
(Fonte:TAP M&E).

Relativamente aos atrasos classificados pelo capítulo ATA 25, pode-se constatar que estes abrangem diversos subsistemas. Por observação do gráfico da Figura 5.14, as cadeiras dos passageiros registaram-se como as mais problemáticas, representando 32% dos atrasos classificados por este capítulo.

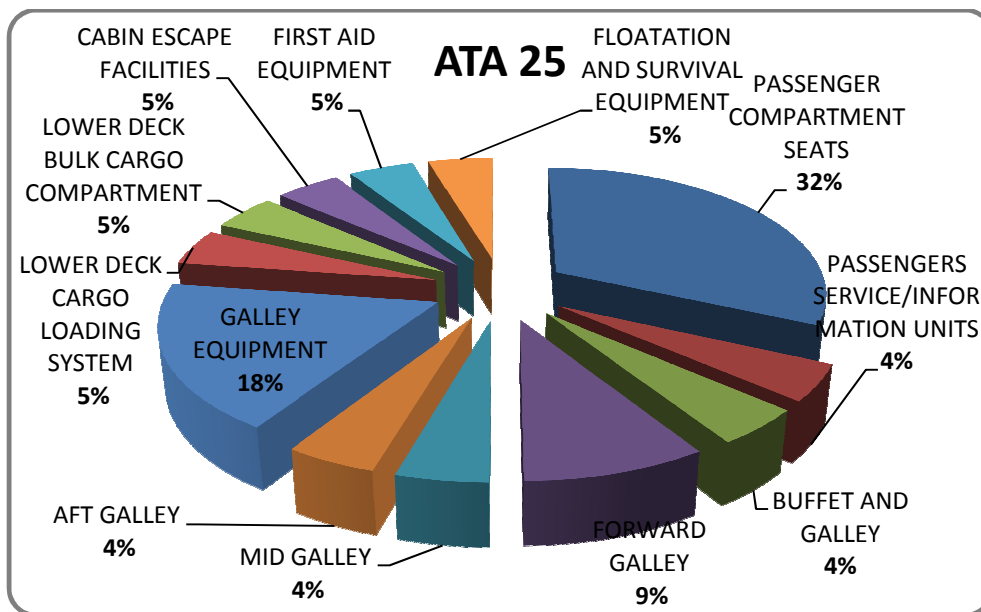


Figura 5.14 - Representação gráfica de cada subsistema do capítulo ATA 25.

Por observação das descrições dos problemas encontrados pelos técnicos de manutenção, pode-se constatar que grande maioria das avarias foi detectada no pré-*flight*, pelo que, a necessidade de reparação das cadeiras causaram atrasos na ordem dos trinta minutos.

Uma das recomendações possíveis consiste em responsabilizar a tripulação de voo anterior, para reportar a existência de danos na cabina, antes de sair do A/C.

5.4 Discussão de Resultados

Tendo como base as conclusões obtidas na primeira análise prática, a segunda etapa da análise estatística incidiu apenas sobre a variante A330-223. Neste capítulo o objectivo consistiu em determinar quais os sistemas-avião que registam mais ocorrências e qual o seu peso relativamente à função de risco. A variante de aeronave em estudo é mais antiga, possuindo um histórico maior, pelo que o período temporal em análise foi alargado.

Com o intuito de analisar quais os sistemas-avião aplicou-se aos sistemas constituintes da aeronave o modelo de riscos proporcionais. No entanto, devido ao elevado número de variáveis presentes no modelo final, seleccionou-se o grupo das seis mais significativas, para um estudo mais detalhado. À semelhança da análise apresentada no capítulo 4, através do método de *Kaplan-Meier*, estimou-se a função de fiabilidade do conjunto dos seis sistemas. Pela análise gráfica constata-se que a fiabilidade é reduzida para 50%, em 24 dias. Revelou-se interessante a comparação das seis curvas de fiabilidade individuais. O teste do *Log-rank* confirmou que as seis funções estimadas de fiabilidade não são estatisticamente diferentes. A adequabilidade do modelo foi constatada através do cálculo dos resíduos de *Cox-Snell*.

No subcapítulo 5.3, pretendeu-se aumentar a objectividade dos resultados, especificando os subsistemas que registaram mais ocorrências, dentro de cada sistema.

PARTE III

Capítulo 6

Conclusões Gerais

6.1 Conclusões

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

6.1 Conclusões Gerais

A globalização da economia tem traçado o perfil das empresas modernas. Os padrões de concorrência actuais levam a que sejam necessárias alterações a nível interno nas organizações, que permitam melhorias contínuas nos serviços, por forma estabelecer elevados padrões de qualidade, alcançando o imperativo que é a satisfação do cliente.

Devido à complexidade do sistema reparável em estudo, frota de aeronaves do modelo A330, a metodologia aplicada revelou-se uma mais-valia. Permitiu a modelação de dados sendo a distribuição dos mesmos, uma incógnita e possibilitou a inclusão de dados censurados.

A análise de sobrevivência tem como principal intuito, a modelação e análise de dados relativos a um momento em que ocorre um determinado evento. As abordagens efectuadas em análise de sobrevivência são probabilísticas. Porém, a estimação estatística do momento em que uma unidade ou componente falham, revela-se uma das dificuldades da teoria da fiabilidade.

Relativamente à Análise de Sobrevivência, destacam-se os modelos não paramétricos, nomeadamente, os modelos de regressão de *Cox*, devido à sua aptidão em modelar amostras de dados de tempos de sobrevivência, sem que haja uma distribuição de probabilidade associada aos mesmos.

O desenvolvimento prático apresentado no presente trabalho, pode ser dissociado em dois grupos. Com o intuito de atingir os objectivos propostos, foi necessário partir do geral (aeronaves) para o particular (sistemas-avião).

O espaço amostral baseia-se nos tempos entre ocorrências, isto é, nos atrasos ou cancelamentos relativamente às partidas comerciais, devido a avarias intrínsecas à aeronave.

Numa primeira fase, conclui-se que o universo das doze aeronaves do modelo A330, de forma global, segue um *PPH*, isto é a taxa de ocorrências revelou-se constante no período temporal em análise. Através da aplicação do *PHM*, constatou-se que as duas aeronaves da variante A330-223 contribuem para o aumento da função de risco, crescendo a probabilidade de atraso na operação comercial da frota. De forma a verificar a adequabilidade do modelo, procedeu-se à análise de resíduos *Cox-Snell*, tendo-se constatado que o ajuste do modelo é aceitável. Como forma de corroborar os resultados obtidos, aplicou-se a fórmula de cálculo da fiabilidade de despacho, presente no programa de controlo de fiabilidade, à globalidade da frota e às duas variantes. Concluiu-se que a fiabilidade de despacho global está a ser prejudicada pelas aeronaves da variante A330-223.

Tendo como fundamento as conclusões obtidas na primeira análise prática, a segunda etapa da análise estatística incidiu apenas sobre a variante A330-223. Neste capítulo o objectivo consistiu em determinar quais os sistemas-avião que registam mais ocorrências, aplicando inicialmente o modelo de riscos proporcionais. Porém, devido ao elevado número de variáveis presentes no modelo final, seleccionou-se o grupo das seis mais significativas, para um estudo mais detalhado.

No subcapítulo 5.3 pretendeu-se aumentar a objectividade dos resultados, especificando os subsistemas que registaram mais ocorrências, dentro de cada sistema.

Relativamente ao sistema das comunicações, ATA 23, verificou-se que 38% dos atrasos ocorrem devido a avarias no sistema de vídeo entretenimento dos passageiros. Uma vez que este sistema não compromete a segurança do voo, na maioria das ocorrências, a aeronave segue com a anomalia.

A análise revelou que 31% dos atrasos nas partidas, provocados por ocorrências no sistema do trem de aterragem, devem-se a problemas nas rodas. Em 2005 a companhia tomou como opção uma política de poupança de combustível, evitando sempre que possível a desaceleração na aterragem por actuação de *thrust reverse*. Esta acção, que impõe uma maior percentagem de dissipação de energia cinética por utilização de travões, contribui para o aumento do desgaste mais acentuado da borracha dos pneus das rodas. Porém, por consulta do LMM verifica-se que nas cartas de trabalho de inspecções de trânsito, para a frota A330, relativamente às inspecções T1, exige-se apenas o registo dos conjuntos de travões, cujo pino tenha menos de 2mm.

Por conseguinte, sugere-se a adição de uma tarefa de inspecção à frota A330, isto é, passar a exigir o registo da medição do pino dos travões, como as medidas de *groove* dos pneus, sempre que se verifique a extrapolação do limite de alerta.

O capítulo ATA 38 está relacionado com sistema de águas e resíduos, tendo sido o sistema de lavabos identificado como o mais problemático. Estas avarias causam imensos transtornos, na medida em que a utilização média diária deste modelo de aeronaves, é de 12,93h.

Relativamente ao sistema de ar condicionado, o facto de ser um dos sistemas mais problemáticos, não se revela uma novidade para a organização. Devido à sua baixa fiabilidade, este sistema foi um dos mais alterados para melhoria. Na realidade, devido ao seu baixo nível de fiabilidade, os operadores “forçaram” o fabricante a redesenhar o sistema, criando a versão *Enhanced*, presente na variante A330-202.

O capítulo ATA 28, sistema de bomba de combustível principal, tem como missão fornecer o combustível que se encontra nos tanques, aos motores. Neste caso, as descrições das causas dos atrasos são na sua maioria devido à obstrução dos filtros e a indicações erróneas relativamente ao nível de combustível.

Relativamente aos atrasos classificados pelo capítulo ATA 25, as cadeiras dos passageiros registaram-se como as mais problemáticas, representando 32% dos atrasos classificados por este capítulo. Os problemas encontrados são detectados na sua maioria no *pré-flight*. Uma das recomendações possíveis consiste em responsabilizar a tripulação de voo anterior, para reportar a existência de danos na cabina, antes de sair do A/C.

Face ao desenvolvimento prático apresentado e aos resultados obtidos, considera-se que se concretizaram na sua maioria os objectivos propostos, tendo sido apresentada uma análise estatística com contributo inovador. Partindo do mesmo conjunto de dados que serve de base a diversas análises elaboradas pela organização onde o estudo é desenvolvido, aplicou-se uma metodologia alternativa no que se refere à análise de sistemas reparáveis complexos.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Para aplicações futuras nas áreas da fiabilidade e da manutenção aeronáutica, sugere-se:

- Uma análise detalhada das restantes variáveis que se revelaram significativas e que não foi desenvolvida neste estudo;
- O desenvolvimento de uma análise análoga mas tendo como base a variante A330-202, revelando-se interessante perceber se nesta variante a problemática incide sobre os mesmos sistemas-avião. Nesta análise, revelar-se-ia interessante a comparação entre a versão *Classic* e a *Enhanced* do sistema de ar condicionado;
- A aplicação metodologia apresentada no presente estudo, às restantes frotas da organização, A320 FAM e A340, com o intuito de confirmar as mais-valias que estão associadas a este modelo de análise estatística.

Sugere-se ainda também que em desenvolvimentos futuros se incorporem covariáveis dependentes do tempo, cujos coeficientes das variáveis explicativas possam variar ao longo do período em observação.

Revelar-se-ia interessante o desenvolvimento de um estudo que alia-se os conceitos estatísticos a ferramentas de gestão que têm como objectivo a minimização dos custos globais. Por conseguinte, propõe-se a análise do Custo do Ciclo de Vida (CCV), de um dos sistemas identificados no presente trabalho, como sendo os que mais contribuem para um aumento da função de risco. A metodologia do custo do ciclo de vida, auxilia na minimização dos desperdícios e na maximização dos rendimentos de variados tipos de sistemas. Esta ferramenta permite a análise do custo total de um equipamento, durante o seu período de vida útil.

Bibliografia

Al-Garni, A. Z.; Tozan, M.; Al-Garni, A. M. e Jamal, A. (Maio de 2007). Failure Forecasting of Aircraft Air-Conditioning/Cooling Pack with Field Data. *Journal of Aircraft* , Vol. 44, No.3, pp. 996-1002.

Allison, P. D. (1995). *Survival Analysis Using SAS: A Practical Guide*. North Carolina: SAS Institute Inc.

Anderson, R. T. e Neri, L. (1990). *Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods*. New York: ELSEVIER Science Publishers Ltd.

Ansell, J. I. e Phillips, M. J. (1994). *Practical Methods for Reliability Data Analysis*. New York: Oxford University Press Inc.

Ascher, H. e Feingold, H. (1984). *Repairable system reliability, modeling, inference, misconceptions and their causes*. Marcel Dekker, New York.

Assis, R. (2004). *Apoio à Descisão em Gestão da Manutenção: Fiabilidade e Manutibilidade*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.

Aust, A. (2002). *Handbook of International Law*. Cambridge University Press.

Biolini, A. (2007). *Reliability Engineering - Theory and Practice*. Tuscan: Springer Science+Business Media.

Bohoris, G.A. e Leitão, A.L.F. (1991), Proportional Hazards Modelling versus Two-Sample Tests: A Case Study, *Quality and Reliability Engineering International*, vol.7, No.5, pp. 393-402.

Collett, D. (1994). *Modelling Survival Data in Medical Research*. London: Chapman & Hall.

Cox, D. R. e Oakes, D. (1984). *Analysis of Survival Data*. London: Chapman & Hall.

Dhillon, B. S. (2002). *Engineering maintenance : a modern approach*. Florida: CRC Press LLC.

Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, Maintenance and Reliability for Engineers*. Florida: CRC Press LLC.

Fogo, J. C. (2007). *Modelo de regressão para um processo de renovação Weibull com termo de fragilidade*. São Paulo: Tese de Doutorado apresentada na Universidade de São Paulo.

Giudici, P. e **Figini**, S. (2009). *Applied Data Mining for Business and Industry*. John Wiley & Sons Ltd.

Gnedenko, B. e **Ushakov**, I. (1995). *Probabilistic Reliability Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.

Kalbfleisch, J. D. e **Prentice**, R. L. (1980), *The Statistical Analysis of Failure Time Data*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Kim, C. J. (Setembro de 2000). Identification of Symptom Parameters For Failure Anticipation By Timed-Event Trend Analysis. *Power Engineering Review*, Vol.20, No.9, pp. 48-49.

Kinnison, H. A. (2004). *Aviation Maintenance Management*. McGraw-Hill.

Klein, J. P. e **Moeschberger**, M. L. (2003). *Survival analysis: techniques for censored and truncated data* (2ª Edição ed.). Springer Science+Business Media, Inc.

Langova, K. (25 de Novembro de 2008). Survival Analysis for Clinical Studies. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacký, Olomouc* , pp. 303–307.

Lecture Notes. *What aviation maintenance technicians should know about statistical analysis, as a part of airline reliability programs*. pp.1-36.

Lewis, E. E. (1987). *Introduction to Reliability Engineering*. John Wiley & Sons.

Lindqvist, B. H. (2006). On the Statistical Modeling and Analysis of Repairable Systems. *Statistical Science*, Vol. 21, No. 4.

Lucatelli, M. V. e Ojeda, R. G. (2001). Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. *II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica*. Cuba.

Manual da Estrutura Orgânica TAP M&E. (1 de Abril de 2010).13ª Edição.

Manual De Fiabilidade da TAP (ME-025). (2009). 6ª Revisão. Lisboa.

Mobley, R. K. (2004). *Maintenance Fundamentals* (2ª Edição ed.). Oxford, UK: Elsevier Inc.

Nakagawa, T. (2008). *Advanced Reliability Models and Maintenance Policies*. London: Springer-Verlag.

Nelson, W. (1990). *Accelerated Testing: statistical models, test plans, and data analyses*. New York: John Wiley & Sons Inc.

O'connor, P. D. (1991). *Practical Reliability Engineering* (3ª Edição ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Pham, H. (2003). *Handbook of reliability engineering*. Springer-Verlag London.

Relatório Anual 2009 TAP Portugal. (2010).

Reyes-Picknell, J. V. (2005). The Value of RCM in Business Today. *Conscious Asset Management* , pp. 1-8.

Selvin, S. (2008). *Survival Analysis for Epidemiologic and Medical Research: A Practical Guide*. Cambridge University Press.

Silva, A. L.; Vivanco, M. J. e Menezes, F. S. (Setembro de 2004). Resíduos Generalizados de Cox-Snell na Avaliação do Ajuste De Modelos. *Ciência e Agrotecnologia* , pp. 1196-1201.

Tableman, M. e Kim, J. S. (2004). *Survival Analysis Using S: Analysis of Time-to-Event Data*. Florida: Chapman&Hall/CRC.

Tobias, P. A. e Trindade, D. C. (1995). *Applied Reliability*. New York: Chapman & Hall/CRC.

Wang, P. e Coit, D. W. (Janeiro de 2005). Repairable Systems Reliability Trend Tests and Evaluation. *Reliability and Maintainability Symposium*. pp.416-421.

Bibliografia On-line

Acceptable Means of Compliance (AMCs) . Obtido em Maio de 2010, de EASA:
<http://easa.europa.eu/rulemaking/faq/acceptable-means-of-compliance-AMC.php>

Acceptable Means of Compliance and Guidance Material . Obtido em Maio de 2010, de EASA: <http://easa.europa.eu/agency-measures/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-material.php>

Agência Europeia para a Segurança da Aviação. Obtido em Maio de 2010, de EASA:
<http://easa.europa.eu/language/pt/more-about-EASA.php>

Aircraft Maintenance. Obtido em Setembro de 2010, de TAP Maintenance & Engineering:
<http://www.tapme.pt/>

Commission Regulation (EC) No 2042/2003. (20 de Novembro de 2003). Obtido em Maio de 2010, de Official Journal of the European Union: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2003/l_315/l_31520031128en00010165.pdf

Commission Regulation (EC) No 216/2008. (20 de Fevereiro de 2008). Obtido em Maio de 2010, de Official Journal of the European Union: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:079:0001:0049:EN:PDF>

Company Profile. (2009). Obtido em 2010, de TAP Maintenance & Engineering:
<http://www.tapme.pt/>

Components Maintenance. (2010). Obtido em Setembro de 2010, de TAP Maintenance & Engineering: <http://www.tapme.pt/>

Engine Maintenance. (2010). Obtido em Abril de 2010, de TAP Maintenance & Engineering: <http://www.tapme.pt/>

Foundation of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Obtido em 2010, de International Civil Aviation Organization:
http://www.icao.int/cgi/goto_m.pl?icao/en/hist/history02.htm

Legislação e Regulamentação. Obtido em 2010, de INAC I.P.:
<http://www.inac.pt/vPT/Generico/LegislacaoRegulamentacao/Paginas/LegislacaoeRegulamentacao.aspx>

Organização e Estrutura. Obtido em Março de 2010, de INAC, I.P.:
<http://www.inac.pt/vPT/Generico/INAC/OrganizacaoEstrutura/Paginas/OrganizacaoEstrutura.aspx>

Princípios e Missão. Obtido em 20 de Julho de 2010, de TAP Portugal:
<http://www.flytap.com/Portugal/pt/Empresa/ATAP/>

Anexo A

Anexo A.1 – Descrição dos destinos disponibilizados pela companhia aérea em estudo

Anexo A.2 – Árvore de decisão MSG 3

Anexo A.3 – *Report/Recolha de dados estatísticos*

Anexo A.4 – *Maintenance Daily Report*

Anexo A.5 – Verbete de Caderneta Técnica

Anexo A.6 – *Fleet Reliability Report*

Anexo A.7 – *Monthly Reliability Data*

Anexo A.8 – *Component Reliability Report*

Anexo A.9 – *IATA Delay Codes*

Neste anexo, é apresentada informação fundamentalmente gráfica que auxilia a compreensão da informação apresentada no Capítulo 2.

Anexo A.1 – Descrição dos destinos disponibilizados pela companhia aérea em estudo.

A Rede TAP – Operação Própria e Code-shares

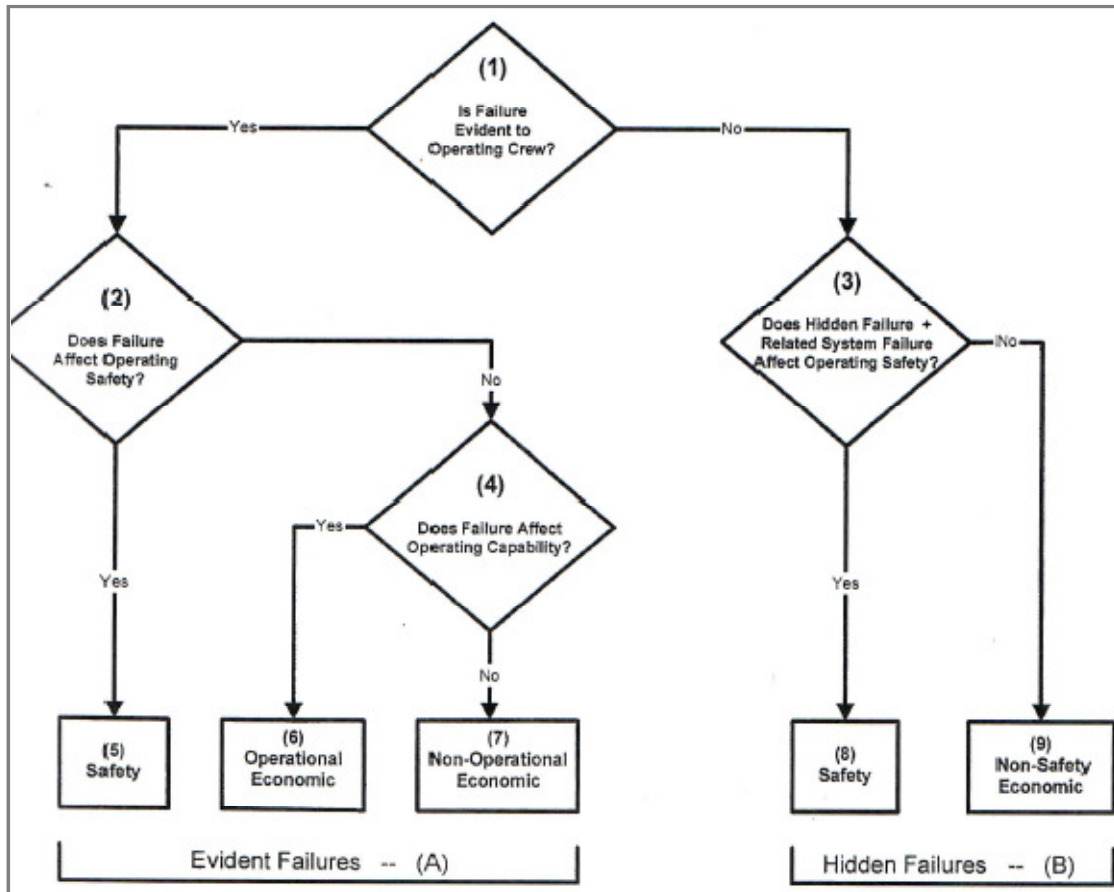


65 destinos

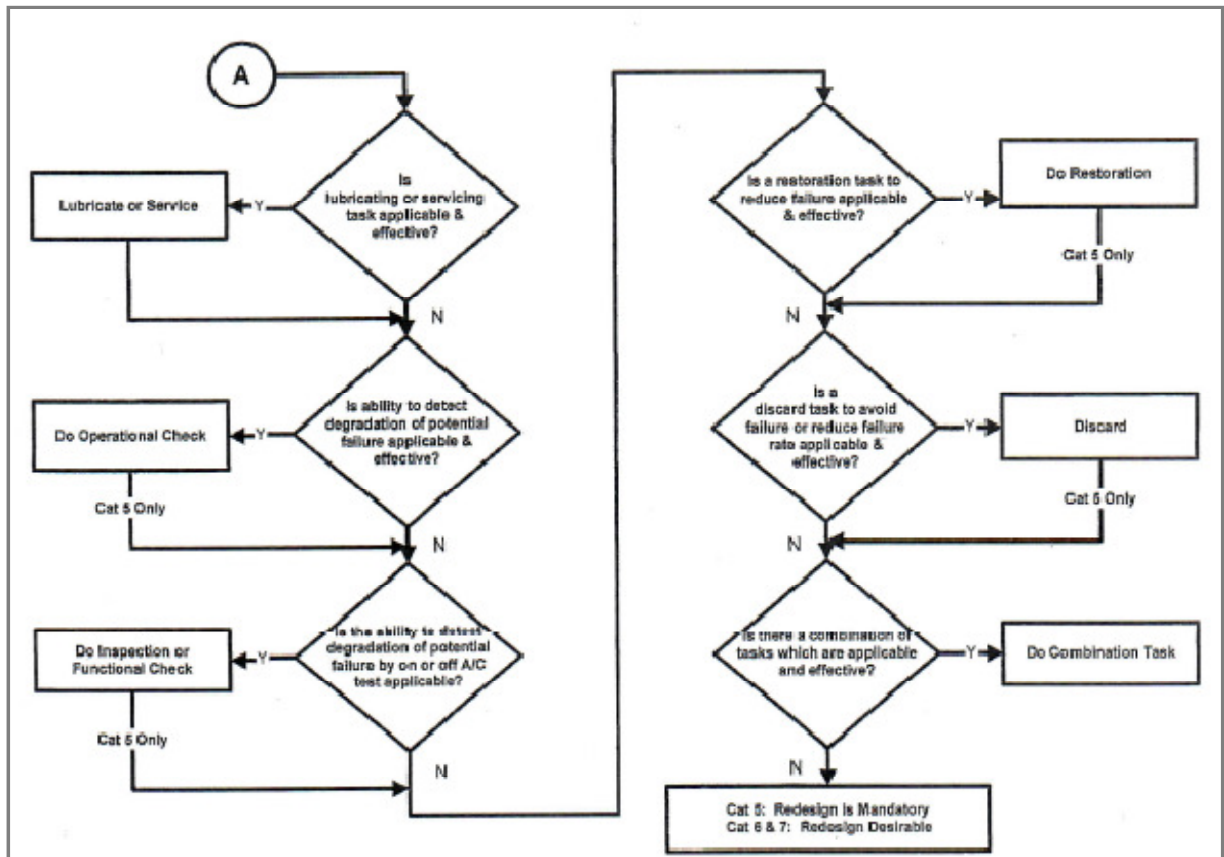


Anexo A.2 – Árvore de decisão do MSG-3

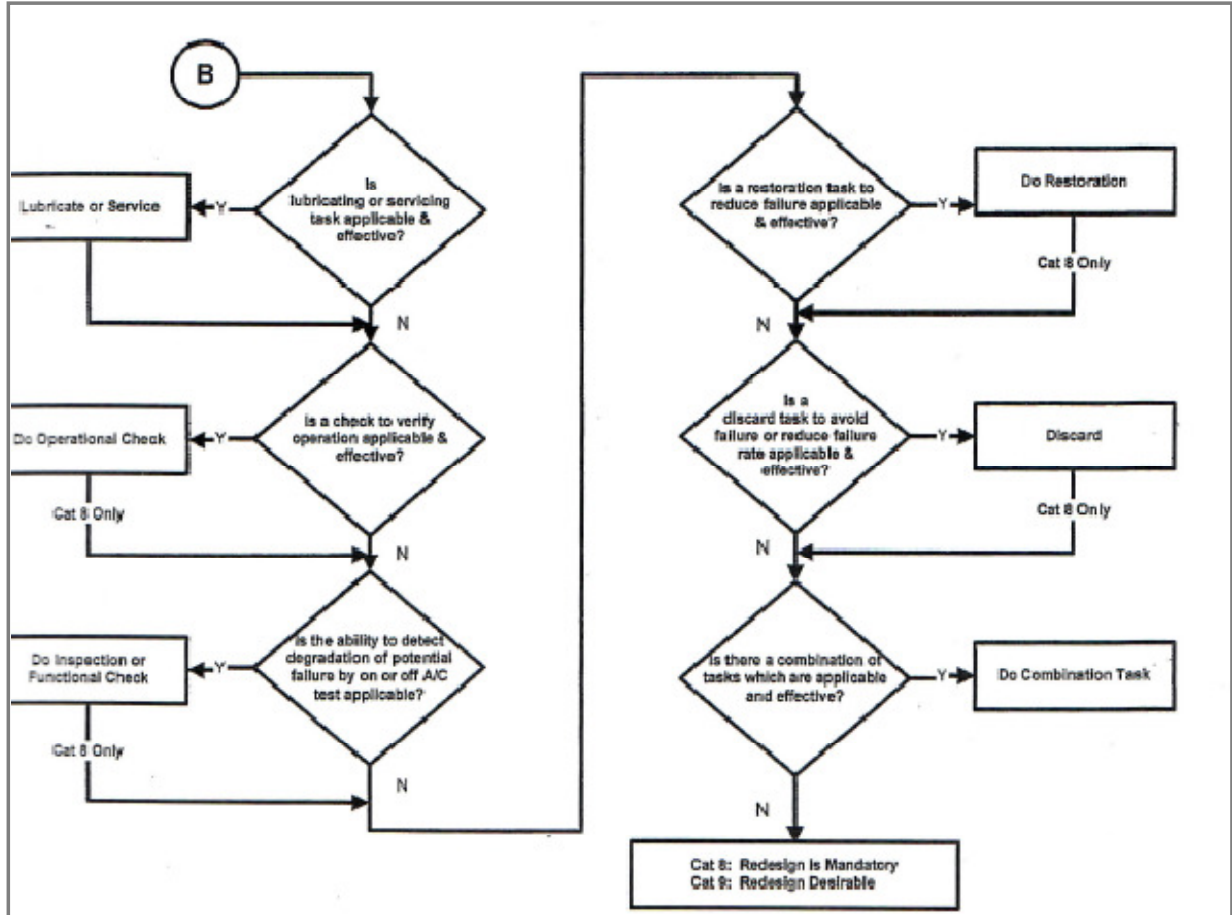
MSG 3 – Análise nível I – Categorias de Falha (Fonte: Kinnison, 2004, p.25)



MSG 3 – Análise nível II – Falhas evidentes (Fonte: Kinnison, 2004, p.26)



MSG 3 – Análise de nível II – Falhas ocultas (Fonte: Kinnison, 2004, p.27)



Anexo A.3 - Report/Recolha de dados estatísticos

ATA P/N	DESIGNATION	QT AC	P/CM	ALE P/N	ALE CALC	----- 3 MONTHS -----							----- 12 MONTHS -----						
						LIC	UR	URE	MTBUR	JR	MTBF	VE	PH	UR	MTBUR	JR	MTBF	VE	PH
21 - AIR CONDITIONING																			
2111 - FLOW CONTROL AND INDICATING																			
ST0109C	TRANSMITT. DIFF. PR	2	61349	.40	.83	.00			99999	99999	100	5585	5	5278	4	6598	80	26392	
196416-1	FLOW CONTROL VALVE	2	59364	.40	.18	.00			99999	99999	100	6455	1	25904	1	25904	100	25904	
2121 - CKPT/ELECTRONICS RACKS AIR DISTRIBUTION																			
EVT3745A	FAN EXTRACTION	3	F4957	.40	.20	.00	1	.12	7805	1	7805	100	7805	2	19573	2	19573	100	19146
2122 - CABIN DISTRIBUTION																			
VD3800	MIXED FLOW FAN	3	D1227	.40	.18	.00	1	.16	6234	1	6234	100	6234	1	27483	1	27483	100	27483
2127 - LAVATORY & GALLEY VENTILATION																			
VD3820	MIXED FLOW FAN	2	D1227	.40	.14	.00			99999	99999	100	5866	1	25112	1	25112	100	25112	
2131 - CABIN PRESSURE CONTROL AND MONITORING																			
VST165D	VALVE OUTFLOW	1	F4957	.40	.27	.00	1	.43*	2307	1	2307	100	2307	1	11043	1	11043	100	11043
B2010C051100	CONTROLLER-PRESSURE	2	F1958	.40	.29	.00	2	.34	2883	2	2883	100	5766	3	7929	3	7929	100	23789
B8006B030C	VALVE PRESSURE RESCU	2	F1958	.40	.41	.00	1	.35	6615	99999		6615	6	4684	5	5621	83	28108	
2151 - AIR COOLING																			
194550-1	WATER SEPARATOR	2	70210	.40	.32	.00			99999	99999	100	3586	1	16483	1	16483	100	16483	
204975-14	AIR CYCLE MACHINE	2	70210	.40	.21	.00			99999	99999	100	5525	1	24322	1	24322	100	24322	
2155 - GROUND COOLING																			

Anexo A.4 - Maintenance Daily Report


MAINTENANCE DAILY REPORT
 FROM 2010-05-31 06H00 TO 2010-06-01 06H00

ME/MA/MO/CM

Delay N/TECH: 0:00 Delay TECH: 0:32 TOTAL TAP FLIGHTS DEPART: 188

A/C	Flight Number	From / To	Hora (UTC)	Description	Time AOG	MNT Delay		Total Delay
						Non Tech	Tech	
TAA	WHT2513	LIS/CUN	08:32	AA WHT2512	3:03	0:27	0:35	
			11:00	SD				
			11:35	AD DL 41A / 32				
				VÁLVULA DE REFUEL DO TANQUE AUXILIAR NÃO FECHAVA, FOI FECHADA MANUALMENTE.				
				Informação FROM: GIL.AEROMEC@GMAIL.COM SENT: 31 DE MAIO DE 2010 18:04 TO: MCC; MAINTENANCE CONTROL CENTER CC: A.NICO@AEROMEC.PT; B.RIBEIRO@AEROMEC.PT; H.FRADIQUE@AEROMEC.PT; TRISTAO.J@GMAIL.COM; HELDER NOGUEIRA; JOÃO RODRIGUES; NELSON VALENTE; RUI SARMENTO SUBJECT: ATRASO MANUTENÇÃO CS-TKI BOA TARDE, SERVE O PRESENTE PARA INFORMAR QUE O AVIÃO CS-TKI HOJE NA SAÍDA PARA O VOO WHT2513 TEVE UM ATRASO DE 27 MINUTOS DEVIDO A VÁLVULA DE REFUEL DO AUXILIAR TANQUE NÃO FECHAR, FECHADA MANUALMENTE, ATENCIOSAMENTE, LUIS GIL LINE MAINTENANCE MANAGER AEROMEC, MECÂNICA DE AERONAVES,S.A. Ctrl:LSANTOS / NPEREIRA AEROMEC:LUIS GIL				
TBB	TP926	LIS/ZRH	12:23	AA TP713	1:30	0:05	0:13	
			13:40	SD				
			13:53	AD DL 41A / 89				
				DURING PRE FLIGHT ECAM MSG : AIR BLEED, OPENED HIL IAW MEL 36-00-01-A				
				Informação .LISMSTP 311410/LSANTOS MEL/CDL AIRL DES- TP AIRCRAFT REG- CSTTK DEV CODE- M-36-00-01-A DEV STATUS- I MSG REF NBR- DEVIATION DESCRIPTION- ECAM MSG CMA AIR BLEED STP SENT LISOLTP LISOWTP LISWWTP CPVXXXX LISKOTP LISKAXH LISMMTP LISKITP LISOVTP LISMSTP Ctrl:LSANTOS/NPEREIRA MO/ML:GONÇALVES				
TCC				Informação WINDSHIELD RH C/ FORTE SILVO EM VÔO, NECESSÁRIO IMOBILIZAR A/C EM LIS P/ ANÁLISE, REORGANIZADA A OPERAÇÃO Consequência: 2010-06-01 TP1602 FNC/LIS OPE A319 ISO A320				

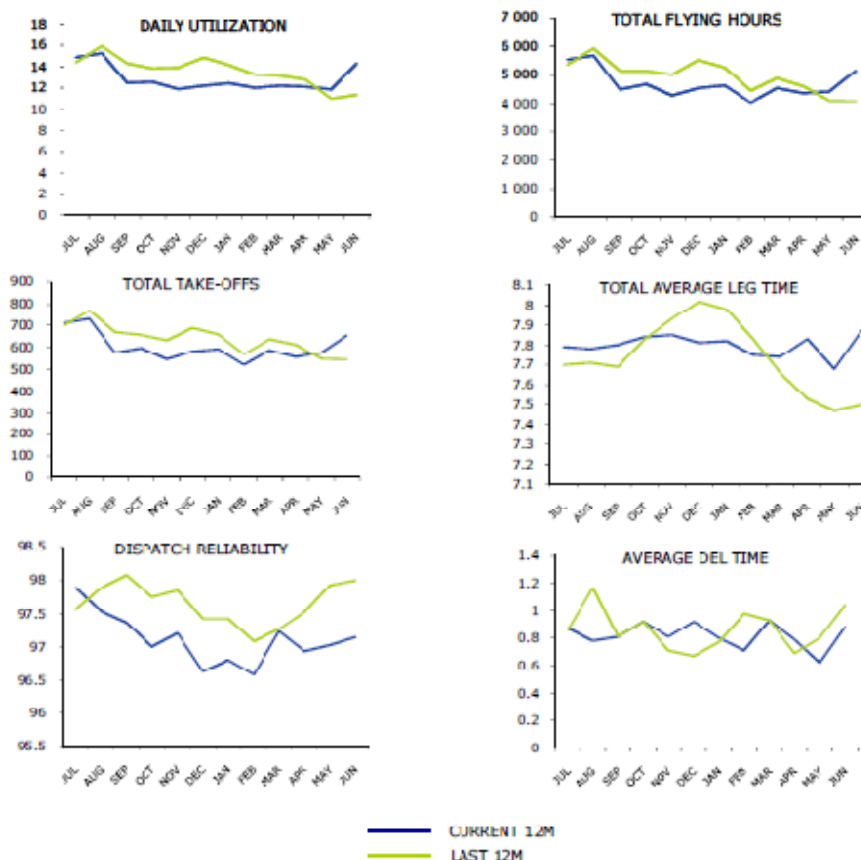
Anexo A.6 - Fleet Reliability Report

A330 Fleet Reliability Report



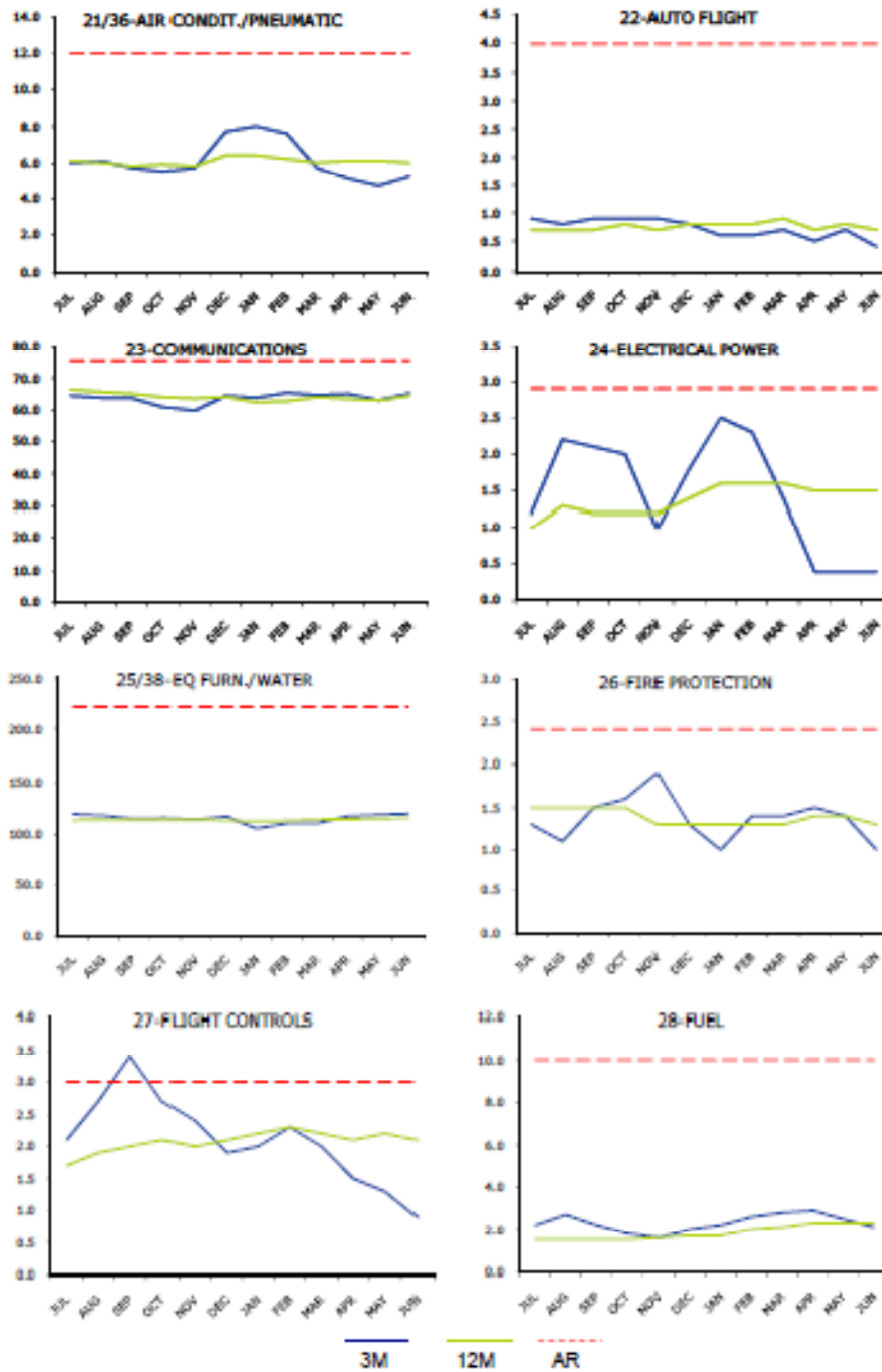
1. GENERAL STATISTICS

	LY	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN
AIRCRAFT IN FLEET	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
AIRCRAFT IN SERVICE	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
A/C UTILIZATION													
TOTAL FLYING HOURS	56 638	5 538	5 678	4 493	4 680	4 238	4 548	4 537	4 040	4 546	4 364	4 422	5 152
REVENUE FLYING HOURS	56 612	5 530	5 672	4 491	4 680	4 237	4 548	4 537	4 039	4 544	4 364	4 419	5 152
FLEET CUMUL AIRB HRS (X10)	15 283	12 915	13 483	13 932	14 400	14 829	15 284	15 747	16 151	16 606	17 042	17 484	17 999
HIGH TIME AIRCRAFT	53 410	51 249	51 745	52 163	52 592	53 024	53 410	53 835	54 223	54 698	55 113	55 311	55 671
TOTAL TAKE-OFFS	7 316	711	730	575	597	546	582	593	521	587	557	575	655
REVENUE TAKE-OFFS	7 296	708	729	573	597	545	581	593	520	584	557	571	655
HIGH CYCLE AIRCRAFT	6 868	6 585	6 654	6 705	6 762	6 816	6 868	6 926	6 978	7 036	7 092	7 117	7 163
DAILY UTILIZATION	12.93	14.09	15.26	12.49	12.58	11.91	12.23	12.47	12.02	12.22	12.12	11.89	14.31
TOTAL AVERAGE LEG TIME	7.74	7.79	7.78	7.8	7.84	7.85	7.81	7.82	7.75	7.74	7.83	7.68	7.87
REVENUE AVERAGE LEG TIME	7.76	7.81	7.78	7.84	7.84	7.87	7.83	7.82	7.77	7.78	7.83	7.74	7.87
DELAYS AND CANCELLATIONS													
TECHNICAL CANCELATIONS	11	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0
TECHNICAL DELAYS OVER 15M	185	15	20	15	19	11	26	17	15	15	19	14	15
TECHNICAL DELAYS OVER 2H	13	2	1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0
TECHNICAL DELAYS OVER 6H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TECHNICAL A/C RELIABILITY													
DISPATCH RELIABILITY (> 15M)	97.11	97.89	97.53	97.36	97	97.2	96.63	96.8	96.58	97.23	96.93	97.02	97.14
AVERAGE DEL TIME (15M-6H)	0.86	0.87	0.78	0.81	0.92	0.81	0.92	0.8	0.71	0.93	0.79	0.62	0.88
TOTAL DEL TIME (OVER 15M)	159.54	13.03	15.65	12.9	17.48	8.9	23.97	13.66	10.72	14.01	14.93	8.61	13.16



2. SYSTEMS RELIABILITY ANALYSIS

PILOT REPORTS (Rate per 1000 FH)

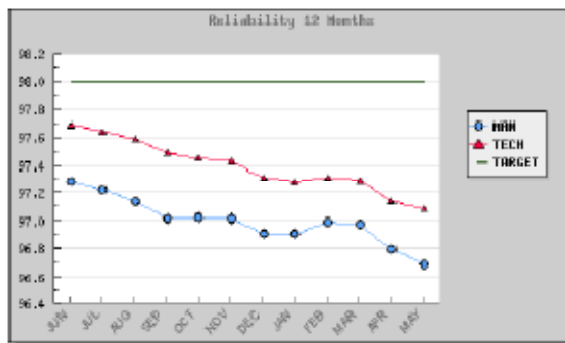
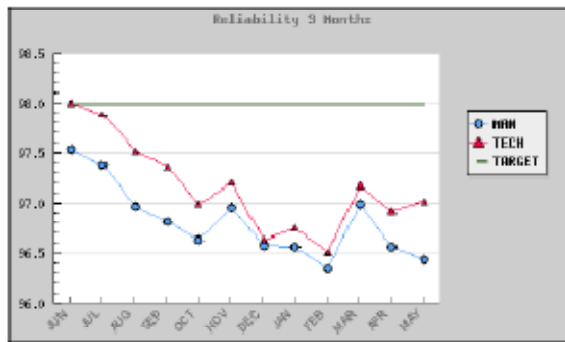
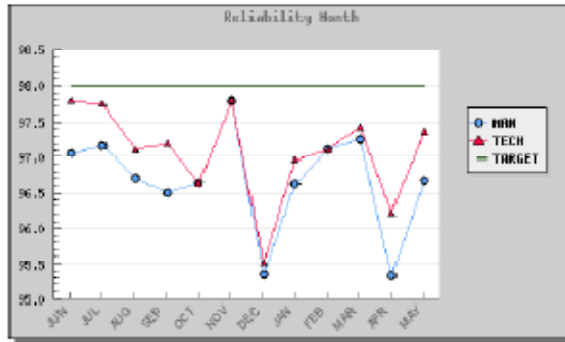


Anexo A.7 - Monthly Reliability Data


Dispatch Reliability System
Report: Monthly Reliability Data
From: 2009-06 To: 2010-05

Delays Over 15 Minutes

Carrier	Family	Fleet	Tail Nr	Delays		Cancellations		Total Time		TIR	RR	Rev Dep	Avg Delay		Reliability 1M		Reliability 3M		Reliability 12M	
				MAN	TEC	MAN	TEC	MAN	TEC				MAN	TEC	MAN	TEC	MAN	TEC	MAN	TEC
TP		A330		17	14	2	1	16.98	8.61	1		571	0.99	0.61	96.67	97.37	96.43	97.02	96.69	97.08



Anexo A.8 - Component Reliability Report

		COMPONENT RELIABILITY SUMMARY (MAPA II)										PAGE: 3 DATE: 2010/06/22							
		FLEET: L15										END DATE: 2010-05-31							
		----- 3 MONTHS -----										----- 12 MONTHS -----							
ATA		QT	ALR	ALR		PH:	0	CY:	0	PH:	167	CY:	39						
P/N	DESIGNATION	AC	PSCM	P/N	CALC	LIC	UR	URR	MTHUR	JR	MTRP	VR	PH	UR	MTHUR	JR	MTRP	VR	PH
27 - FLIGHT CONTROLS																			
2761 - SPOILER AND SPEEDBRAKE CONTROL SYSTEM																			
A71882-2	VALVE, ASSY SERVO R 0 94697			.40	17.85	.00			99999		99999	100	1	35	1	35	100	35	
		TOTAL REMOVALS (CAP. 27)																	
28 - FUEL																			
2841 - FUEL QUANTITY INDICATING SYSTEM																			
194473-149	CONDITIONER, FUEL QT 0 89305			.40	11.16	.00			99999		99999	100	1	335	1	335	100	335	
		TOTAL REMOVALS (CAP. 28)																	
29 - HYDRAULIC POWER																			
2911 - HYDRAULIC POWER SYSTEM																			
692980	PUMP, ELECT MOTOR-DR 0 62983			.40	4.42	.00			99999		99999	100	1	167		999999		167	
		TOTAL REMOVALS (CAP. 29)																	
31 - INDICATING RECORDING SYSTEM																			
3131 - DIGITAL FLIGHT DATA RECORDER (DFDR) SYS																			
D50761-1	QUICK ACCESS RECORD 0 K1474			.40	4.42	.00			99999		99999	100	1	167	1	167	100	167	
10077A500-803	DIGITAL FLIGHT DATA 0 92685			.40	6.67	.00			99999		99999	100	1	167	1	167	100	167	
		TOTAL REMOVALS (CAP. 31)																	
32 - LANDING GEAR																			
3211 - MAIN LANDING GEAR SYSTEM																			
1523249-109	SHURREN, MLG UNLOCK 0 36659			.40	3.33	.00			99999		99999	100	1	335		999999		335	
2-1367-OPT2	BRK, MLG			0	97153	1.00	.83	.00	99999		99999	100	1	1343		999999		1343	
3241 - MAIN LANDING GEAR WHEELS AND TIRES																			

Anexo A.9 - IATA Delay Codes

IATA DELAY CODES

Others			
8	OA	NO GATE/STAND AVAILABLE	Due to own airline activity
0	SG	SCHEDULED GROUND TIME	Planned turnaround time less than declared minimum
Passenger and baggage			
11	PD	LATE CHECK-IN	Check-in reopened for late passengers
12	PL	LATE CHECK-IN	Check-in not completed by flight closure time
13	PE	CHECK-IN ERROR	Error with passenger or baggage details
14	PO	OVERSALES	Booking errors – not resolved at check-in
15	PH	BOARDING	Discrepancies and paging, missing checked in passengers
16	PS	COMMERCIAL PUBLICITY /PASSENGER CONVENIENCE	Local decision to delay for VIP or press; delay due to offload of passengers following family bereavement
17	PC	CATERING ORDER	Late or incorrect order given to supplier
18	PD	BAGGAGE PROCESSING	Late or incorrectly sorted baggage
Cargo and Mail			
21	CD	DOCUMENTATION	Late or incorrect documentation for booked cargo
22	CP	LATE POSITIONING	Late delivery of booked cargo to airport/aircraft
23	CC	LATE ACCEPTANCE	Acceptance of cargo after deadline
24	CI	INADEQUATE PACKING	Repackaging and / or re-labelling of booked cargo
25	CO	OVERSALES	Booked load in excess of saleable load capacity (weight or volume), resulting in reloading or off-load
Mail only			
27	CE	DOCUMENTATION, PACKING	Incomplete and / or inaccurate documentation
28	CL	LATE POSITIONING	Late delivery of mail to airport / aircraft
29	CA	LATE ACCEPTANCE	Acceptance of mail after deadline
Aircraft and Ramp Handling			
31	GD	LATE / INACCURATE AIRCRAFT DOCUMENTATION	Late or inaccurate mass and balance documentation, general declaration, passenger manifest
32	GL	LOADING / UNLOADING	Bulky items, special load, lack loading staff

33	GE	LOADING EQUIPMENT	Lack of and / or breakdown; lack of operating staff
34	GS	SERVICING EQUIPMENT	Lack of and / or breakdown; lack of operating staff
35	GC	AIRCRAFT CLEANING	Late completion of aircraft cleaning
36	GF	FUELLING / DEFUELLING	Late delivery of fuel; excludes late request
37	GB	CATERING	Late and / or incomplete delivery; late loading
38	GU	ULD	Lack of and / or unserviceable ULD's or pallets
30	GT	TECHNICAL EQUIPMENT	Lack and / or breakdown; lack of operating staff; includes GPU, air start, pushback tug, dc ioing

Technical and Aircraft Equipment			
41	TD	TECHNICAL DEFECTS	Aircraft defects including items covered by MEL
42	TM	SCHEDULED MAINTENANCE	Late release from maintenance
43	TN	NON-SCHEDULED MAINTENANCE	Special checks and / or additional works beyond normal maintenance schedule
44	TS	SPARES AND MAINTENANCE	Lack of spares, lack of and / or breakdown of specialist equipment required for defect rectification
45	TA	AOG SPARES	Awaiting AOG spare(s) to be carried to another station
46	TC	AIRCRAFT CHANGE	For technical reasons, e.g. a prolonged technical delay
47	TL	STANDBY AIRCRAFT	Standby aircraft unavailable for technical reasons

Damage to Aircraft			
51	DF	DAMAGE DURING FLIGHT OPERATIONS	Bird or lightning strike, turbulence, heavy or overweight landing, collisions during taxiing
52	DG	DAMAGE DURING GROUND OPERATIONS	Collisions (other than taxiing), loading / offloading damage, towing, contamination, extreme weather conditions

EDP / Automated Equipment Failure			
55	ED	DEPARTURE CONTROL	Failure of automated systems, including check-in; load control systems producing mass and balance
56	EC	CARGO PREPARATION DOCUMENTATION	Failure of documentation and / or load control systems covering cargo
57	EF	FLIGHT PLANS	Failure of automated flight plan systems

Flight Operations and Crewing			
61	FP	FLIGHT PLAN	Late completion of or change to flight plan
62	FF	OPERATIONAL REQUIREMENT	Late alteration to fuel or payload
63	FT	LATE CREW BOARDING OR DEPARTURE PROCEDURES	Late flight deck, or entire crew, other than standby; late completion of flight deck crew checks
64	FS	FLIGHT DECK CREW SHORTAGE	Sickness, awaiting standby, flight time limitations, valid visa, health documents, etc.
65	FR	FLIGHT DECK CREW SPECIAL REQUEST	Requests not within operational requirements
66	FL	LATE CABIN CREW BOARDING OR DEPARTURE PROCEDURES	Late cabin crew other than standby; late completion of cabin crew checks
67	FC	CABIN CREW SHORTAGE	Sickness, awaiting standby, flight time limitations, valid visa, health documents
68	FA	CABIN CREW ERROR OR SPECIAL REQUEST	Requests not within operational requirements
69	FB	CAPTAIN REQUEST FOR SECURITY CHECK	Extraordinary requests outside mandatory requirements

Weather			
71	WO	DEPARTURE STATION	Below operating limits
72	WT	DESTINATION STATION	Below operating limits
73	WR	EN-ROUTE OR ALTERNATE	Below operating limits
75	WI	DE-ICING OF AIRCRAFT	Removal of ice and / or snow; excludes equipment – lack of or breakdown
76	WS	REMOVAL OF SNOW, ICE, WATER, AND SAND FROM AIRPORT	Runway, taxiway conditions
77	WG	GROUND HANDLING IMPAIRED BY ADVERSE WEATHER CONDITIONS	High winds, heavy rain, blizzards, monsoons etc.

Air Traffic Flow Management Restrictions			
81	AT	ATFM DUE TO ATC EN-ROUTE DEMAND / CAPACITY	Standard demand / capacity problems
82	AX	ATFM DUE TO ATC STAFF / EQUIPMENT ENROUTE	Reduced capacity caused by industrial action or staff shortage, equipment failure, military exercise or extraordinary demand due to capacity reduction in neighbouring area

83	AE	ATFM DUE TO RESTRICTION AT DESTINATION AIRPORT	Airport and / or runway closed due to obstruction, industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights
84	AW	ATFM DUE TO WEATHER AT DESTINATION	

Airport and Government Authorities			
85	AS	MANDATORY SECURITY	Passengers, baggage, crew, etc.
86	AG	IMMIGRATION, CUSTOMS, HEALTH	Passengers, crew
87	AF	AIRPORT FACILITIES	Parking stands, ramp congestion, lighting, buildings, gate limitations etc.
88	AD	RESTRICTIONS AT DESTINATION AIRPORT	Airport and / or runway closed due to obstruction industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights
89	AM	RESTRICTIONS AT AIRPORT OF DEPARTURE	Including air traffic services, start-up and pushback, airport and / or runway closed due to obstruction or weather (restriction due to weather in case of ATFM only) industrial action, staff shortage, political unrest, noise abatement, night curfew, special flights

Reactionary			
91	RL	LOAD CONNECTION	Awaiting load from another flight
92	RT	THROUGH CHECK-IN ERROR	Passenger or baggage check-in error at originating station
93	RA	AIRCRAFT ROTATION	Late arrival of aircraft from another flight or previous sector
94	RS	CABIN CREW ROTATION	Awaiting cabin crew from another flight
95	RC	CREW ROTATION	Awaiting flight deck, or entire crew, from another flight
96	RO	OPERATIONS CONTROL	Re-routing, diversion, consolidation, aircraft change for reasons other than technical

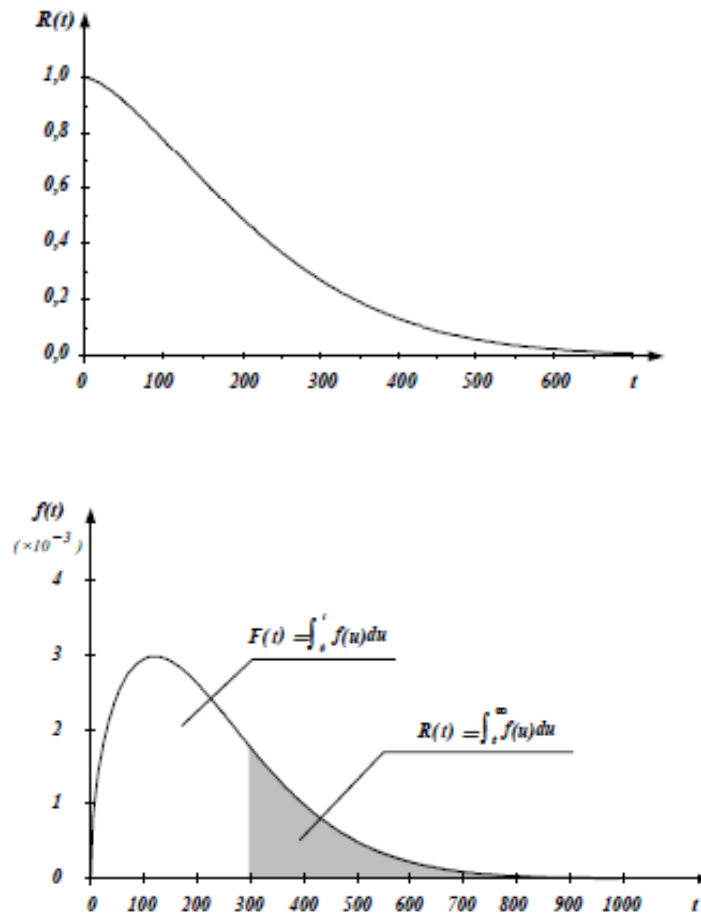
Miscellaneous			
97	MI	INDUSTRIAL ACTION WITHIN OWN AIRLINE	
98	MO	INDUSTRIAL ACTION OUTSIDE OWN AIRLINE	Industrial action (except Air Traffic Control Services)
99	MX	MISCELLANEOUS	No suitable code; explain reason(s) in plain text

Anexo B

Anexo B.1 – Representações gráficas das funções de probabilidade

Neste anexo, é apresentada informação que auxilia a compreensão da informação apresentada no Capítulo 3.

Anexo B.1 – Representações gráficas das funções de fiabilidade e função densidade de probabilidade, respectivamente (Fonte: Dias, 2002).



Anexo C

Anexo C.1 – Parâmetros necessários ao cálculo da estatística de teste, do teste de *Laplace*

Anexo C.2 - Representação gráfica do Teste de *Laplace*

Anexo C.3 – Relatórios do SPSS

Neste anexo, é apresentada informação que auxilia a compreensão da informação apresentada nos capítulos de desenvolvimento prático.

Anexo C.1 – Parâmetros necessários ao cálculo da estatística de teste, do teste de *Laplace*

CS - TBB			
$\sum \tau_i$	16.686	Z_0	1,55575
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	44	Z	1,65

CS - TCC			
$\sum \tau_i$	15.158	Z_0	1,77039
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	39	Z	1,65

CS - TDD			
$\sum \tau_i$	14.389	Z_0	2,36583
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	35	Z	1,65

CS - TEE			
$\sum \tau_i$	10.471	Z_0	-0,49740
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	33	Z	1,65

CS - TFF			
$\sum \tau_i$	9.698	Z_0	0,33909
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	28	Z	1,65

CS - TGG			
$\sum \tau_i$	14.312	Z_0	1,36282
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	38	Z	1,65

CS - THH			
$\sum \tau_i$	6.811	Z_0	0,55321
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	19	Z	1,65

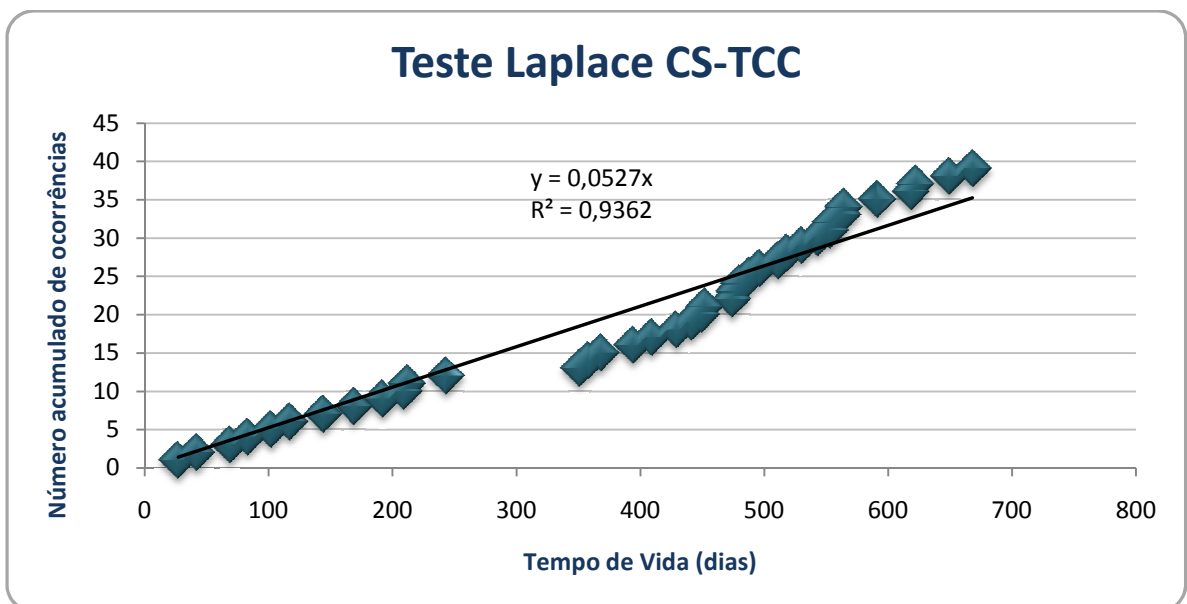
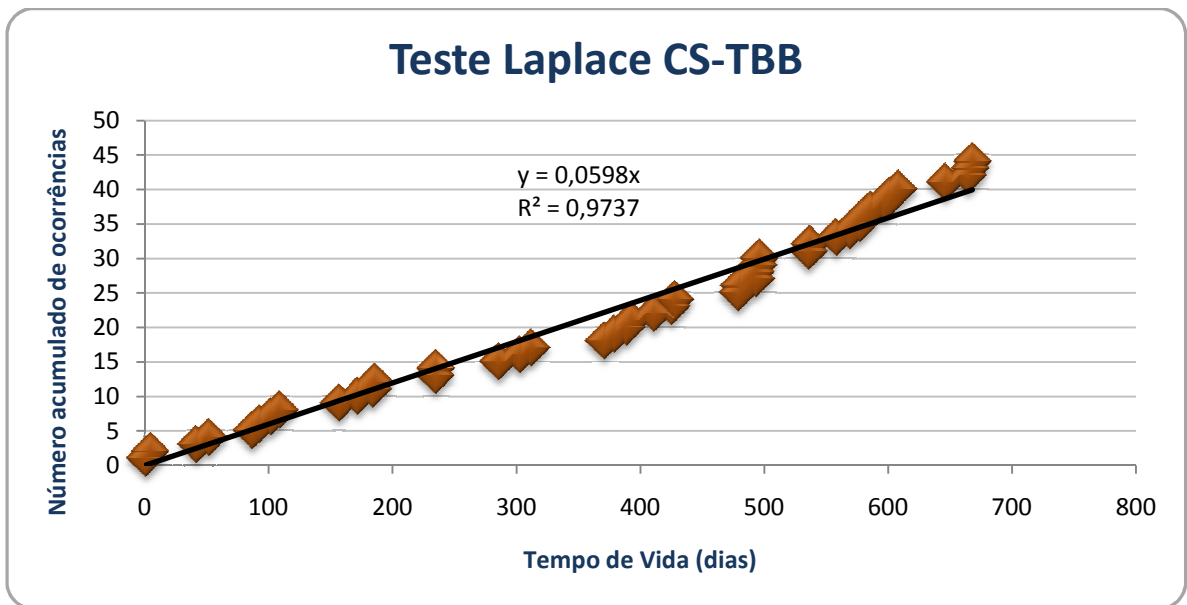
CS - TII			
$\sum \tau_i$	5.500	Z_0	-1,00649
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	19	Z	1,65

CS - TJJ			
$\sum \tau_i$	11.911	Z_0	1,12115
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	32	Z	1,65

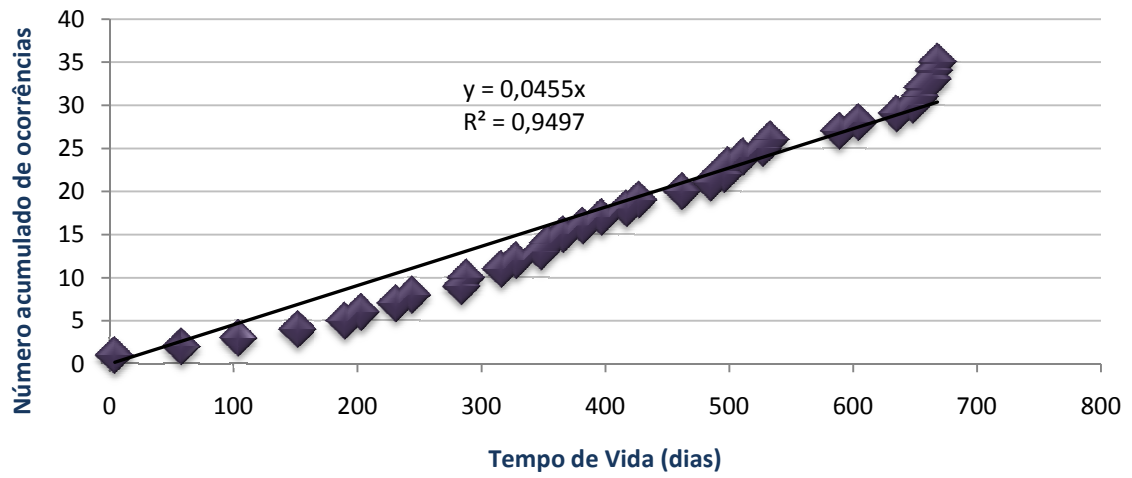
CS - TTK			
$\sum \tau_i$	6.699	Z_0	-0,35646
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	21	Z	1,65

CS - TLL			
$\sum \tau_i$	9.189	Z_0	-0,4786
Duração do ensaio (dias)	668	$\alpha/2$	0,05
n_f	29	Z	1,65

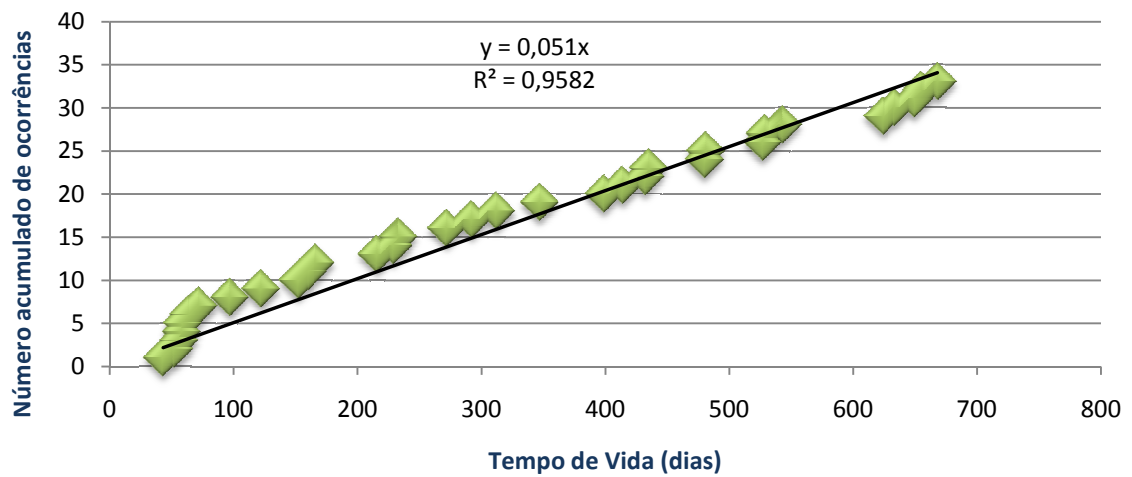
Anexo C.2 - Representação gráfica do Teste de *Laplace*



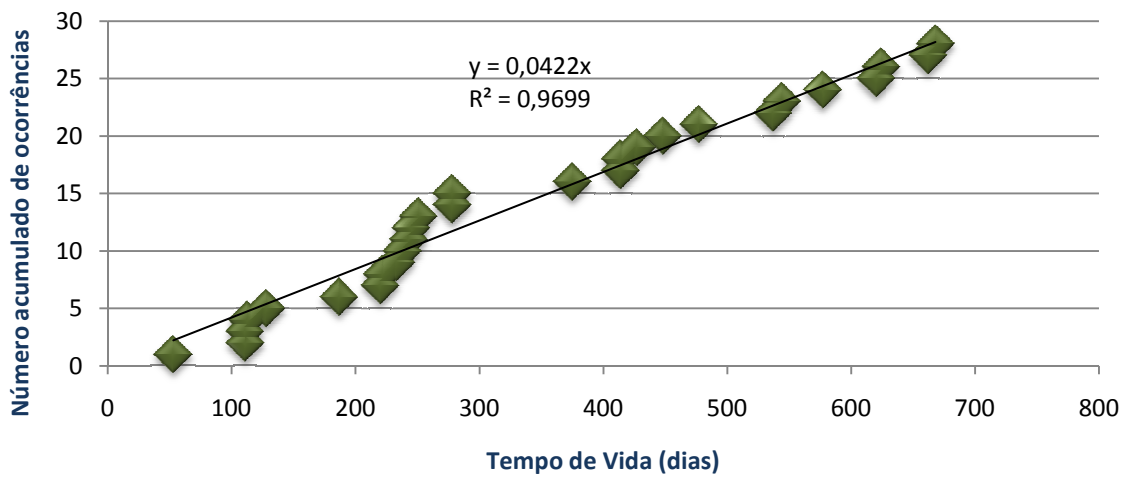
Teste Laplace CS-TDD



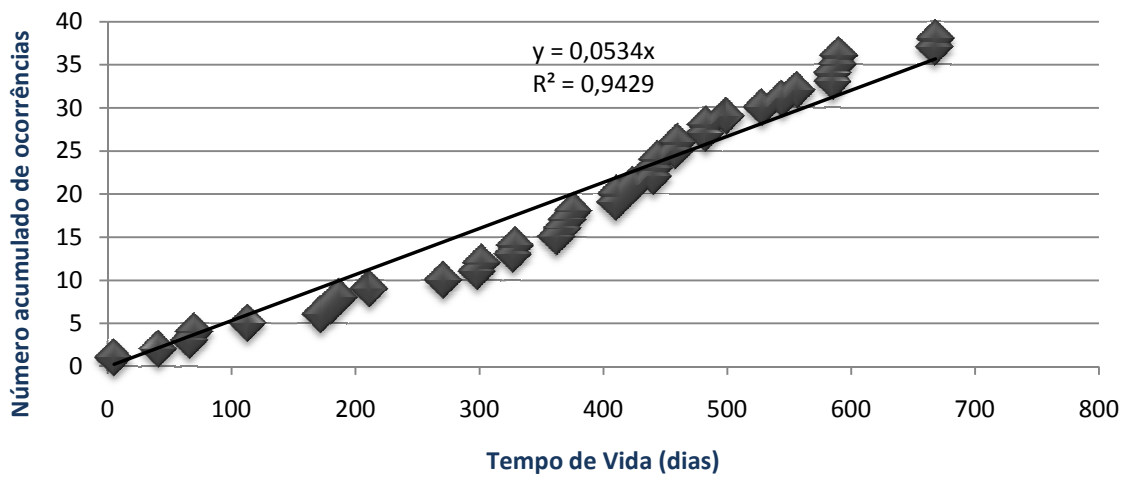
Teste de Laplace CS-TEE



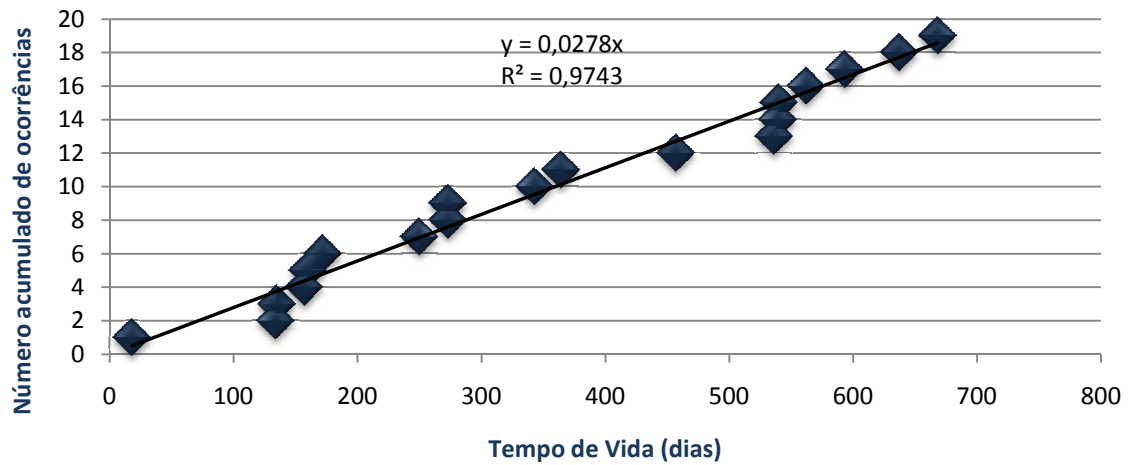
Teste de Laplace CS - TFF



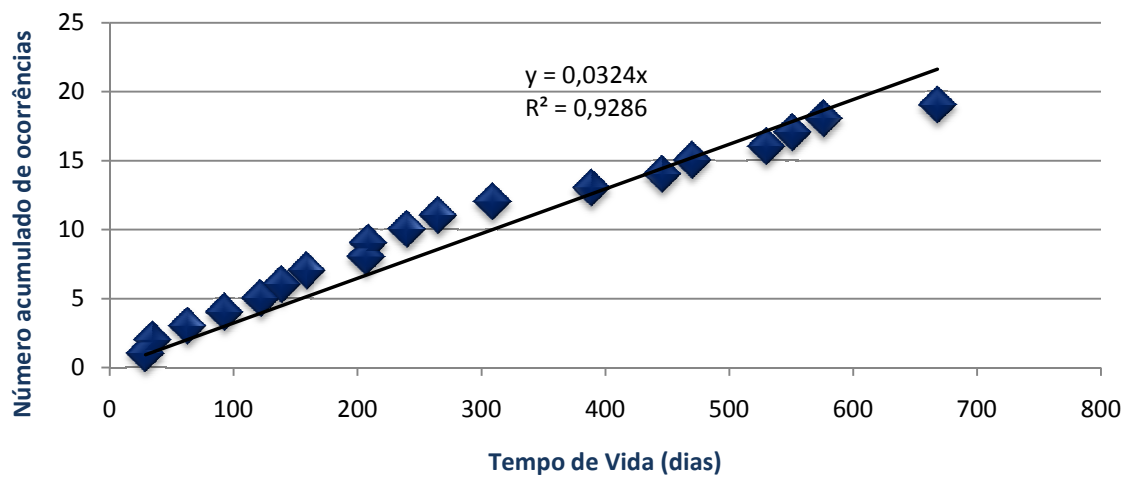
Teste de Laplace CS-TGG



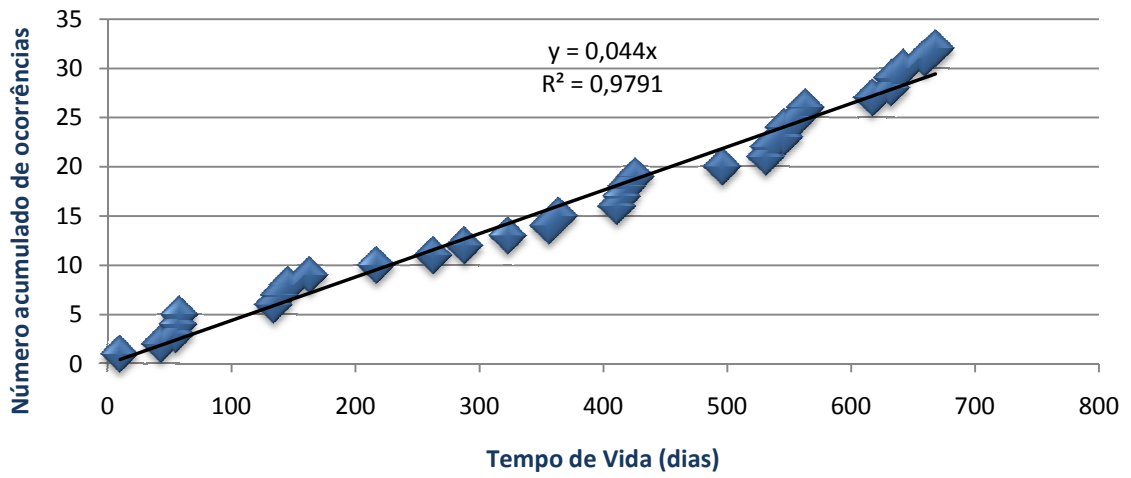
Teste de Laplace CS-THH



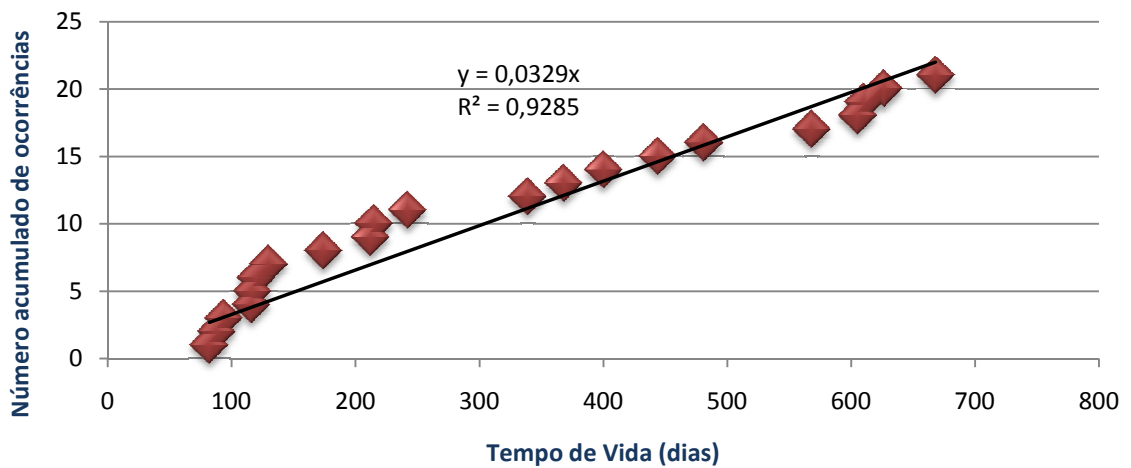
Teste de Laplace CS-TII



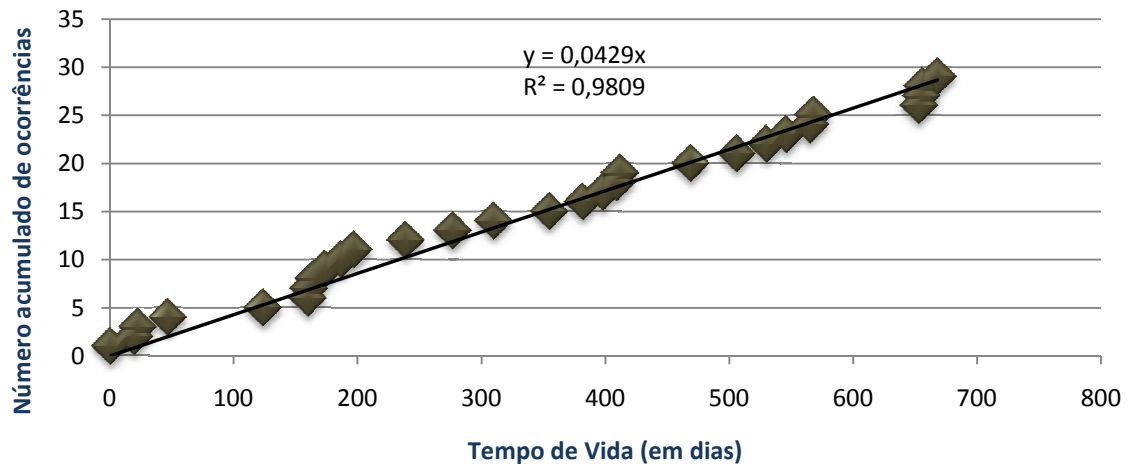
Teste de Laplace CS-TJJ



Teste de Laplace CS-TKK



Teste de Laplace CS-TLL



Anexo C.3

Anexo C.3.1 – Regressão de Cox (frota completa)

Anexo C.3.2 – Kaplan-Meier (frota completa)

Anexo C.3.3 – Kaplan-Meier – Comparação de funções de fiabilidade (CS-TBB e CS-TKK)

Anexo C.3.4 – Regressão de Cox (análise sistemas-avião)

Anexo C.3.5 – Kaplan-Meier – Top 6 dos sistemas-avião

Anexo C.3.6 – Kaplan-Meier – Comparação de funções de fiabilidade (Top 6 dos sistemas-avião)

Cox Regression - FROTA COMPLETA

Case Processing Summary

		N	Percent
Cases available in analysis	Event ^a	528	97,8%
	Censored	12	2,2%
	Total	540	100,0%
Cases dropped	Cases with missing values	0	,0%
	Cases with negative time	0	,0%
	Censored cases before the earliest event in a stratum	0	,0%
	Total	0	,0%
	Total	540	100,0%

a. Dependent Variable: Tvida

Block 0: Beginning Block

Omnibus Tests of Model Coefficients

-2 Log Likelihood
5619,703

Block 1: Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^{a, n}

Step	-2 Log Likelihood	Overall (score)			Change From Previous Step		
		Chi-square	df	Sig.	Chi-square	df	Sig.
1 ^a	5594,679	24,309	11	,011	25,024	11	,009
2 ^b	5594,683	24,306	10	,007	,004	1	,952
3 ^c	5594,731	24,261	9	,004	,048	1	,826
4 ^d	5594,844	24,154	8	,002	,112	1	,737
5 ^e	5595,097	23,909	7	,001	,253	1	,615
6 ^f	5595,358	23,646	6	,001	,261	1	,609
7 ^g	5595,593	23,409	5	,000	,235	1	,628
8 ^h	5598,200	20,616	4	,000	2,607	1	,106

a. Variable(s) Entered at Step Number 1: TAA TBB TCC TDD TEE TFF TGG THH TII TJJ TKK

b. Variable Removed at Step Number 2: TEE

c. Variable Removed at Step Number 3: TJJ

d. Variable Removed at Step Number 4: TGG

e. Variable Removed at Step Number 5: TDD

f. Variable Removed at Step Number 6: TCC

g. Variable Removed at Step Number 7: TFF

h. Variable Removed at Step Number 8: TAA

m. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 5619,703

n. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^{m,n}

Step	Change From Previous Block		
	Chi-square	df	Sig.
1 ^a	25,024	11	,009
2 ^b	25,020	10	,005
3 ^c	24,972	9	,003
4 ^d	24,859	8	,002
5 ^e	24,606	7	,001
6 ^f	24,345	6	,000
7 ^g	24,110	5	,000
8 ^h	21,504	4	,000

- a. Variable(s) Entered at Step Number 1: TAA TBB TCC TDD TEE TFF TGG THH TII TJJ TTK
 b. Variable Removed at Step Number 2: TEE
 c. Variable Removed at Step Number 3: TJJ
 d. Variable Removed at Step Number 4: TGG
 e. Variable Removed at Step Number 5: TDD
 f. Variable Removed at Step Number 6: TCC
 g. Variable Removed at Step Number 7: TFF
 h. Variable Removed at Step Number 8: TAA
 m. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 5619,703
 n. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^{m,n}

Step	-2 Log Likelihood	Overall (score)			Change From Previous Step		
		Chi-square	df	Sig.	Chi-square	df	Sig.
9 ⁱ	5602,164	17,061	3	,001	3,965	1	,046
10 ^j	5606,571	13,243	2	,001	4,407	1	,036
11 ^k	5602,519	17,459	3	,001	4,053	1	,044
12 ^l	5606,268	14,403	2	,001	3,750	1	,053

- a. Variable(s) Entered at Step Number 1: TAA TBB TCC TDD TEE TFF TGG THH TII TJJ TTK
 i. Variable Removed at Step Number 9: TTK
 j. Variable Removed at Step Number 10: THH
 k. Variable(s) Entered at Step Number 11: TAA
 l. Variable Removed at Step Number 12: TII
 m. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 5619,703
 n. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^{m,n}

Step	Change From Previous Block		
	Chi-square	df	Sig.
9 ⁱ	17,539	3	,001
10 ^j	13,132	2	,001
11 ^k	17,184	3	,001
12 ^l	13,435	2	,001

a. Variable(s) Entered at Step Number 1: TAA TBB TCC TDD TEE TFF TGG THH TII TJJ TTK

i. Variable Removed at Step Number 9: TTK

j. Variable Removed at Step Number 10: THH

k. Variable(s) Entered at Step Number 11: TAA

l. Variable Removed at Step Number 12: TII

m. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 5619,703

n. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	TAA	,289	,224	1,672	1	,196	1,336
	TBB	,411	,220	3,489	1	,062	1,508
	TCC	,120	,232	,269	1	,604	1,128
	TDD	,103	,233	,193	1	,660	1,108
	TEE	-,015	,239	,004	1	,952	,986
	TFF	,131	,233	,318	1	,573	1,140
	TGG	,063	,238	,070	1	,791	1,065
	THH	-,397	,303	1,716	1	,190	,672
	TII	-,426	,302	1,989	1	,158	,653
	TJJ	,038	,261	,021	1	,884	1,039
Step 2	TKK	-,324	,293	1,220	1	,269	,723
	TAA	,299	,167	3,207	1	,073	1,348
	TBB	,420	,161	6,765	1	,009	1,521
	TCC	,129	,177	,536	1	,464	1,138
	TDD	,112	,179	,390	1	,532	1,118
	TFF	,140	,178	,622	1	,430	1,151
	TGG	,072	,185	,152	1	,697	1,075
	THH	-,388	,263	2,170	1	,141	,678
	TII	-,417	,263	2,522	1	,112	,659
	TJJ	,047	,214	,049	1	,825	1,048
TKK	-,315	,252	1,558	1	,212	,730	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 3	TAA	,285	,154	3,406	1	,065	1,330
	TBB	,406	,149	7,470	1	,006	1,501
	TCC	,116	,165	,491	1	,484	1,123
	TDD	,098	,167	,343	1	,558	1,103
	TFF	,127	,167	,579	1	,447	1,135
	TGG	,059	,175	,113	1	,736	1,061
	THH	-,402	,256	2,458	1	,117	,669
	TII	-,431	,255	2,850	1	,091	,650
Step 4	TKK	-,328	,244	1,804	1	,179	,720
	TAA	,267	,145	3,411	1	,065	1,306
	TBB	,388	,138	7,868	1	,005	1,474
	TCC	,098	,156	,393	1	,531	1,103
	TDD	,080	,158	,256	1	,613	1,083
	TFF	,109	,157	,477	1	,490	1,115
	THH	-,419	,250	2,808	1	,094	,657
Step 5	TII	-,449	,249	3,235	1	,072	,638
	TKK	-,346	,238	2,106	1	,147	,707
	TAA	,247	,139	3,171	1	,075	1,280
	TBB	,368	,132	7,765	1	,005	1,444
	TCC	,078	,151	,265	1	,607	1,081
	TFF	,089	,152	,340	1	,560	1,093
	THH	-,439	,247	3,160	1	,075	,645
Step 6	TII	-,469	,246	3,627	1	,057	,626
	TKK	-,366	,235	2,426	1	,119	,694
	TAA	,231	,135	2,931	1	,087	1,260
	TBB	,352	,128	7,549	1	,006	1,421
	TFF	,073	,149	,239	1	,625	1,075
	THH	-,455	,245	3,457	1	,063	,634
Step 7	TII	-,484	,244	3,940	1	,047	,616
	TKK	-,382	,233	2,692	1	,101	,683
	TAA	,219	,133	2,731	1	,098	1,245
	TBB	,340	,125	7,329	1	,007	1,405
	THH	-,467	,244	3,681	1	,055	,627
Step 8	TII	-,496	,243	4,180	1	,041	,609
	TKK	-,394	,231	2,899	1	,089	,674
	TBB	,302	,123	6,034	1	,014	1,353
	THH	-,502	,242	4,288	1	,038	,605
Step 9	TII	-,533	,242	4,863	1	,027	,587
	TKK	-,430	,230	3,483	1	,062	,651
	TBB	,326	,123	7,085	1	,008	1,386
Step 10	THH	-,473	,242	3,814	1	,051	,623
	TII	-,505	,241	4,381	1	,036	,604
Step 10	TBB	,348	,122	8,106	1	,004	1,417
	TII	-,478	,241	3,940	1	,047	,620

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 11	TAA	,273	,131	4,305	1	,038	1,313
	TBB	,391	,124	9,857	1	,002	1,478
	TII	-,438	,242	3,280	1	,070	,645
Step 12	TAA	,299	,131	5,217	1	,022	1,348
	TBB	,416	,124	11,286	1	,001	1,516

Variables not in the Equation^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k}

		Score	df	Sig.
Step 2	TEE	,004	1	,952
Step 3	TEE	,031	1	,861
	TJJ	,049	1	,825
Step 4	TEE	,093	1	,760
	TGG	,113	1	,736
	TJJ	,010	1	,922
Step 5	TDD	,256	1	,613
	TEE	,201	1	,654
	TGG	,026	1	,871
	TJJ	,001	1	,978
Step 6	TCC	,265	1	,607
	TDD	,128	1	,721
	TEE	,311	1	,577
	TGG	,001	1	,972
	TJJ	,014	1	,905
Step 7	TCC	,164	1	,686
	TDD	,065	1	,799
	TEE	,407	1	,523
	TFF	,239	1	,625
	TGG	,003	1	,953
	TJJ	,035	1	,851

- a. Residual Chi Square = ,004 with 1 df Sig. = ,952
- b. Residual Chi Square = ,052 with 2 df Sig. = ,974
- c. Residual Chi Square = ,165 with 3 df Sig. = ,983
- d. Residual Chi Square = ,418 with 4 df Sig. = ,981
- e. Residual Chi Square = ,676 with 5 df Sig. = ,984
- f. Residual Chi Square = ,907 with 6 df Sig. = ,989
- g. Residual Chi Square = 3,617 with 7 df Sig. = ,823
- h. Residual Chi Square = 7,245 with 8 df Sig. = ,510
- i. Residual Chi Square = 11,311 with 9 df Sig. = ,255
- j. Residual Chi Square = 7,250 with 8 df Sig. = ,510
- k. Residual Chi Square = 10,774 with 9 df Sig. = ,292

Variables not in the Equation^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k}

		Score	df	Sig.
Step 8	TAA	2,742	1	,098
	TCC	,013	1	,910
	TDD	,001	1	,971
	TEE	,792	1	,373
	TFF	,040	1	,842
	TGG	,103	1	,748
	TJJ	,164	1	,686
Step 9	TAA	3,518	1	,061
	TCC	,102	1	,750
	TDD	,026	1	,872
	TEE	,477	1	,490
	TFF	,161	1	,688
	TGG	,017	1	,895
	TJJ	,064	1	,800
Step 10	TKK	3,537	1	,060
	TAA	4,332	1	,037
	TCC	,270	1	,604
	TDD	,119	1	,730
	TEE	,250	1	,617
	TFF	,352	1	,553
	TGG	,003	1	,959
	THH	3,885	1	,049
	TJJ	,013	1	,910
TKK	3,033	1	,082	

- a. Residual Chi Square = ,004 with 1 df Sig. = ,952
b. Residual Chi Square = ,052 with 2 df Sig. = ,974
c. Residual Chi Square = ,165 with 3 df Sig. = ,983
d. Residual Chi Square = ,418 with 4 df Sig. = ,981
e. Residual Chi Square = ,676 with 5 df Sig. = ,984
f. Residual Chi Square = ,907 with 6 df Sig. = ,989
g. Residual Chi Square = 3,617 with 7 df Sig. = ,823
h. Residual Chi Square = 7,245 with 8 df Sig. = ,510
i. Residual Chi Square = 11,311 with 9 df Sig. = ,255
j. Residual Chi Square = 7,250 with 8 df Sig. = ,510
k. Residual Chi Square = 10,774 with 9 df Sig. = ,292

Variables not in the Equation^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k}

		Score	df	Sig.
Step 11	TCC	,711	1	,399
	TDD	,449	1	,503
	TEE	,047	1	,828
	TFF	,833	1	,361
	TGG	,118	1	,731
	THH	3,273	1	,070
	TJJ	,017	1	,896
	TKK	2,452	1	,117
Step 12	TCC	1,085	1	,297
	TDD	,754	1	,385
	TEE	,001	1	,978
	TFF	1,230	1	,267
	TGG	,281	1	,596
	THH	2,826	1	,093
	TII	3,333	1	,068
	TJJ	,081	1	,776
TKK	2,050	1	,152	

- a. Residual Chi Square = ,004 with 1 df Sig. = ,952
 b. Residual Chi Square = ,052 with 2 df Sig. = ,974
 c. Residual Chi Square = ,165 with 3 df Sig. = ,983
 d. Residual Chi Square = ,418 with 4 df Sig. = ,981
 e. Residual Chi Square = ,676 with 5 df Sig. = ,984
 f. Residual Chi Square = ,907 with 6 df Sig. = ,989
 g. Residual Chi Square = 3,617 with 7 df Sig. = ,823
 h. Residual Chi Square = 7,245 with 8 df Sig. = ,510
 i. Residual Chi Square = 11,311 with 9 df Sig. = ,255
 j. Residual Chi Square = 7,250 with 8 df Sig. = ,510
 k. Residual Chi Square = 10,774 with 9 df Sig. = ,292

Covariate Means

	Mean
TAA	,131
TBB	,152
TCC	,107
TDD	,102
TEE	,089
TFF	,104
TGG	,093
THH	,035
TII	,035

Covariate Means

	Mean
TJJ	,059
TKK	,039

Kaplan-Meier - FROTA COMPLETA

Case Processing Summary

Total N	N of Events	Censored	
		N	Percent
540	528	12	2,2%

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
	Time	Status	Estimate	Std. Error		
1	1,000	1	.	.	1	539
2	1,000	1	.	.	2	538
3	1,000	1	.	.	3	537
4	1,000	1	.	.	4	536
5	1,000	1	.	.	5	535
6	1,000	1	.	.	6	534
7	1,000	1	.	.	7	533
8	1,000	1	.	.	8	532
9	1,000	1	.	.	9	531
10	1,000	1	.	.	10	530
11	1,000	1	.	.	11	529
12	1,000	1	.	.	12	528
13	1,000	1	.	.	13	527
14	1,000	1	.	.	14	526
15	1,000	1	.	.	15	525
16	1,000	1	.	.	16	524
17	1,000	1	.	.	17	523
18	1,000	1	.	.	18	522
19	1,000	1	.	.	19	521
20	1,000	1	.	.	20	520
21	1,000	1	.	.	21	519
22	1,000	1	.	.	22	518
23	1,000	1	.	.	23	517
24	1,000	1	.	.	24	516
25	1,000	1	.	.	25	515
26	1,000	1	.	.	26	514
27	1,000	1	.	.	27	513
28	1,000	1	.	.	28	512
29	1,000	1	.	.	29	511
30	1,000	1	.	.	30	510
31	1,000	1	.	.	31	509
32	1,000	1	.	.	32	508
33	1,000	1	.	.	33	507
34	1,000	1	.	.	34	506

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
35	1,000	1	.	.	35	505
36	1,000	1	.	.	36	504
37	1,000	1	.	.	37	503
38	1,000	1	.	.	38	502
39	1,000	1	.	.	39	501
40	1,000	1	.	.	40	500
41	1,000	1	.	.	41	499
42	1,000	1	.	.	42	498
43	1,000	1	.	.	43	497
44	1,000	1	.	.	44	496
45	1,000	1	.	.	45	495
46	1,000	1	.	.	46	494
47	1,000	1	.	.	47	493
48	1,000	1	.	.	48	492
49	1,000	1	.	.	49	491
50	1,000	1	,907	,012	50	490
51	1,000	0	.	.	50	489
52	2,000	1	.	.	51	488
53	2,000	1	.	.	52	487
54	2,000	1	.	.	53	486
55	2,000	1	.	.	54	485
56	2,000	1	.	.	55	484
57	2,000	1	.	.	56	483
58	2,000	1	.	.	57	482
59	2,000	1	.	.	58	481
60	2,000	1	.	.	59	480
61	2,000	1	.	.	60	479
62	2,000	1	.	.	61	478
63	2,000	1	.	.	62	477
64	2,000	1	.	.	63	476
65	2,000	1	.	.	64	475
66	2,000	1	.	.	65	474
67	2,000	1	.	.	66	473
68	2,000	1	.	.	67	472
69	2,000	1	.	.	68	471
70	2,000	1	.	.	69	470
71	2,000	1	.	.	70	469
72	2,000	1	.	.	71	468
73	2,000	1	.	.	72	467
74	2,000	1	.	.	73	466
75	2,000	1	.	.	74	465
76	2,000	1	.	.	75	464

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
77	2,000	1	.	.	76	463
78	2,000	1	,857	,015	77	462
79	2,000	0	.	.	77	461
80	2,000	0	.	.	77	460
81	3,000	1	.	.	78	459
82	3,000	1	.	.	79	458
83	3,000	1	.	.	80	457
84	3,000	1	.	.	81	456
85	3,000	1	.	.	82	455
86	3,000	1	.	.	83	454
87	3,000	1	.	.	84	453
88	3,000	1	.	.	85	452
89	3,000	1	.	.	86	451
90	3,000	1	.	.	87	450
91	3,000	1	.	.	88	449
92	3,000	1	.	.	89	448
93	3,000	1	.	.	90	447
94	3,000	1	.	.	91	446
95	3,000	1	.	.	92	445
96	3,000	1	.	.	93	444
97	3,000	1	.	.	94	443
98	3,000	1	.	.	95	442
99	3,000	1	.	.	96	441
100	3,000	1	.	.	97	440
101	3,000	1	.	.	98	439
102	3,000	1	.	.	99	438
103	3,000	1	.	.	100	437
104	3,000	1	.	.	101	436
105	3,000	1	.	.	102	435
106	3,000	1	,809	,017	103	434
107	3,000	0	.	.	103	433
108	4,000	1	.	.	104	432
109	4,000	1	.	.	105	431
110	4,000	1	.	.	106	430
111	4,000	1	.	.	107	429
112	4,000	1	.	.	108	428
113	4,000	1	.	.	109	427
114	4,000	1	.	.	110	426
115	4,000	1	.	.	111	425
116	4,000	1	.	.	112	424
117	4,000	1	.	.	113	423
118	4,000	1	.	.	114	422

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
119	4,000	1	.	.	115	421
120	4,000	1	.	.	116	420
121	4,000	1	.	.	117	419
122	4,000	1	.	.	118	418
123	4,000	1	.	.	119	417
124	4,000	1	.	.	120	416
125	4,000	1	.	.	121	415
126	4,000	1	.	.	122	414
127	4,000	1	.	.	123	413
128	4,000	1	.	.	124	412
129	4,000	1	.	.	125	411
130	4,000	1	.	.	126	410
131	4,000	1	.	.	127	409
132	4,000	1	.	.	128	408
133	4,000	1	,760	,018	129	407
134	5,000	1	.	.	130	406
135	5,000	1	.	.	131	405
136	5,000	1	.	.	132	404
137	5,000	1	.	.	133	403
138	5,000	1	.	.	134	402
139	5,000	1	.	.	135	401
140	5,000	1	.	.	136	400
141	5,000	1	.	.	137	399
142	5,000	1	.	.	138	398
143	5,000	1	.	.	139	397
144	5,000	1	.	.	140	396
145	5,000	1	.	.	141	395
146	5,000	1	.	.	142	394
147	5,000	1	.	.	143	393
148	5,000	1	.	.	144	392
149	5,000	1	.	.	145	391
150	5,000	1	.	.	146	390
151	5,000	1	.	.	147	389
152	5,000	1	,725	,019	148	388
153	6,000	1	.	.	149	387
154	6,000	1	.	.	150	386
155	6,000	1	.	.	151	385
156	6,000	1	.	.	152	384
157	6,000	1	.	.	153	383
158	6,000	1	.	.	154	382
159	6,000	1	.	.	155	381
160	6,000	1	.	.	156	380

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
161	6,000	1	.	.	157	379
162	6,000	1	.	.	158	378
163	6,000	1	.	.	159	377
164	6,000	1	.	.	160	376
165	6,000	1	.	.	161	375
166	6,000	1	.	.	162	374
167	6,000	1	.	.	163	373
168	6,000	1	.	.	164	372
169	6,000	1	.	.	165	371
170	6,000	1	.	.	166	370
171	6,000	1	,689	,020	167	369
172	6,000	0	.	.	167	368
173	7,000	1	.	.	168	367
174	7,000	1	.	.	169	366
175	7,000	1	.	.	170	365
176	7,000	1	.	.	171	364
177	7,000	1	.	.	172	363
178	7,000	1	.	.	173	362
179	7,000	1	.	.	174	361
180	7,000	1	.	.	175	360
181	7,000	1	.	.	176	359
182	7,000	1	.	.	177	358
183	7,000	1	.	.	178	357
184	7,000	1	.	.	179	356
185	7,000	1	.	.	180	355
186	7,000	1	.	.	181	354
187	7,000	1	.	.	182	353
188	7,000	1	.	.	183	352
189	7,000	1	,657	,020	184	351
190	8,000	1	.	.	185	350
191	8,000	1	.	.	186	349
192	8,000	1	.	.	187	348
193	8,000	1	.	.	188	347
194	8,000	1	.	.	189	346
195	8,000	1	.	.	190	345
196	8,000	1	.	.	191	344
197	8,000	1	.	.	192	343
198	8,000	1	.	.	193	342
199	8,000	1	.	.	194	341
200	8,000	1	.	.	195	340
201	8,000	1	.	.	196	339
202	8,000	1	.	.	197	338

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
203	8,000	1	.	.	198	337
204	8,000	1	,629	,021	199	336
205	9,000	1	.	.	200	335
206	9,000	1	.	.	201	334
207	9,000	1	.	.	202	333
208	9,000	1	.	.	203	332
209	9,000	1	.	.	204	331
210	9,000	1	.	.	205	330
211	9,000	1	.	.	206	329
212	9,000	1	.	.	207	328
213	9,000	1	.	.	208	327
214	9,000	1	.	.	209	326
215	9,000	1	.	.	210	325
216	9,000	1	.	.	211	324
217	9,000	1	.	.	212	323
218	9,000	1	.	.	213	322
219	9,000	1	.	.	214	321
220	9,000	1	.	.	215	320
221	9,000	1	,598	,021	216	319
222	9,000	0	.	.	216	318
223	10,000	1	.	.	217	317
224	10,000	1	.	.	218	316
225	10,000	1	.	.	219	315
226	10,000	1	.	.	220	314
227	10,000	1	.	.	221	313
228	10,000	1	.	.	222	312
229	10,000	1	.	.	223	311
230	10,000	1	.	.	224	310
231	10,000	1	.	.	225	309
232	10,000	1	.	.	226	308
233	10,000	1	.	.	227	307
234	10,000	1	.	.	228	306
235	10,000	1	,573	,021	229	305
236	11,000	1	.	.	230	304
237	11,000	1	.	.	231	303
238	11,000	1	.	.	232	302
239	11,000	1	.	.	233	301
240	11,000	1	.	.	234	300
241	11,000	1	,562	,021	235	299
242	12,000	1	.	.	236	298
243	12,000	1	.	.	237	297
244	12,000	1	.	.	238	296

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
245	12,000	1	.	.	239	295
246	12,000	1	.	.	240	294
247	12,000	1	.	.	241	293
248	12,000	1	.	.	242	292
249	12,000	1	.	.	243	291
250	12,000	1	.	.	244	290
251	12,000	1	.	.	245	289
252	12,000	1	.	.	246	288
253	12,000	1	.	.	247	287
254	12,000	1	.	.	248	286
255	12,000	1	.	.	249	285
256	12,000	1	,534	,022	250	284
257	12,000	0	.	.	250	283
258	13,000	1	.	.	251	282
259	13,000	1	.	.	252	281
260	13,000	1	.	.	253	280
261	13,000	1	.	.	254	279
262	13,000	1	.	.	255	278
263	13,000	1	.	.	256	277
264	13,000	1	.	.	257	276
265	13,000	1	.	.	258	275
266	13,000	1	.	.	259	274
267	13,000	1	.	.	260	273
268	13,000	1	.	.	261	272
269	13,000	1	.	.	262	271
270	13,000	1	.	.	263	270
271	13,000	1	.	.	264	269
272	13,000	1	,505	,022	265	268
273	13,000	0	.	.	265	267
274	14,000	1	.	.	266	266
275	14,000	1	.	.	267	265
276	14,000	1	.	.	268	264
277	14,000	1	.	.	269	263
278	14,000	1	.	.	270	262
279	14,000	1	.	.	271	261
280	14,000	1	.	.	272	260
281	14,000	1	,490	,022	273	259
282	15,000	1	.	.	274	258
283	15,000	1	.	.	275	257
284	15,000	1	.	.	276	256
285	15,000	1	.	.	277	255
286	15,000	1	.	.	278	254

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
287	15,000	1	.	.	279	253
288	15,000	1	.	.	280	252
289	15,000	1	.	.	281	251
290	15,000	1	.	.	282	250
291	15,000	1	.	.	283	249
292	15,000	1	.	.	284	248
293	15,000	1	,467	,022	285	247
294	16,000	1	.	.	286	246
295	16,000	1	.	.	287	245
296	16,000	1	.	.	288	244
297	16,000	1	.	.	289	243
298	16,000	1	.	.	290	242
299	16,000	1	.	.	291	241
300	16,000	1	.	.	292	240
301	16,000	1	.	.	293	239
302	16,000	1	.	.	294	238
303	16,000	1	.	.	295	237
304	16,000	1	.	.	296	236
305	16,000	1	.	.	297	235
306	16,000	1	.	.	298	234
307	16,000	1	.	.	299	233
308	16,000	1	,439	,021	300	232
309	17,000	1	.	.	301	231
310	17,000	1	.	.	302	230
311	17,000	1	.	.	303	229
312	17,000	1	.	.	304	228
313	17,000	1	.	.	305	227
314	17,000	1	.	.	306	226
315	17,000	1	.	.	307	225
316	17,000	1	.	.	308	224
317	17,000	1	.	.	309	223
318	17,000	1	.	.	310	222
319	17,000	1	,418	,021	311	221
320	18,000	1	.	.	312	220
321	18,000	1	.	.	313	219
322	18,000	1	.	.	314	218
323	18,000	1	.	.	315	217
324	18,000	1	.	.	316	216
325	18,000	1	.	.	317	215
326	18,000	1	.	.	318	214
327	18,000	1	.	.	319	213
328	18,000	1	.	.	320	212

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
329	18,000	1	,399	,021	321	211
330	19,000	1	.	.	322	210
331	19,000	1	.	.	323	209
332	19,000	1	.	.	324	208
333	19,000	1	.	.	325	207
334	19,000	1	.	.	326	206
335	19,000	1	,388	,021	327	205
336	19,000	0	.	.	327	204
337	20,000	1	.	.	328	203
338	20,000	1	.	.	329	202
339	20,000	1	.	.	330	201
340	20,000	1	.	.	331	200
341	20,000	1	.	.	332	199
342	20,000	1	.	.	333	198
343	20,000	1	.	.	334	197
344	20,000	1	.	.	335	196
345	20,000	1	,371	,021	336	195
346	21,000	1	.	.	337	194
347	21,000	1	.	.	338	193
348	21,000	1	.	.	339	192
349	21,000	1	.	.	340	191
350	21,000	1	.	.	341	190
351	21,000	1	.	.	342	189
352	21,000	1	.	.	343	188
353	21,000	1	.	.	344	187
354	21,000	1	,354	,021	345	186
355	22,000	1	.	.	346	185
356	22,000	1	.	.	347	184
357	22,000	1	.	.	348	183
358	22,000	1	.	.	349	182
359	22,000	1	.	.	350	181
360	22,000	1	.	.	351	180
361	22,000	1	.	.	352	179
362	22,000	1	.	.	353	178
363	22,000	1	,337	,021	354	177
364	23,000	1	.	.	355	176
365	23,000	1	.	.	356	175
366	23,000	1	.	.	357	174
367	23,000	1	.	.	358	173
368	23,000	1	,327	,020	359	172
369	24,000	1	.	.	360	171
370	24,000	1	.	.	361	170

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
371	24,000	1	.	.	362	169
372	24,000	1	,320	,020	363	168
373	25,000	1	.	.	364	167
374	25,000	1	.	.	365	166
375	25,000	1	.	.	366	165
376	25,000	1	.	.	367	164
377	25,000	1	.	.	368	163
378	25,000	1	.	.	369	162
379	25,000	1	.	.	370	161
380	25,000	1	,304	,020	371	160
381	26,000	1	.	.	372	159
382	26,000	1	,301	,020	373	158
383	27,000	1	.	.	374	157
384	27,000	1	.	.	375	156
385	27,000	1	.	.	376	155
386	27,000	1	.	.	377	154
387	27,000	1	.	.	378	153
388	27,000	1	.	.	379	152
389	27,000	1	.	.	380	151
390	27,000	1	.	.	381	150
391	27,000	1	.	.	382	149
392	27,000	1	.	.	383	148
393	27,000	1	.	.	384	147
394	27,000	1	,278	,019	385	146
395	28,000	1	.	.	386	145
396	28,000	1	.	.	387	144
397	28,000	1	.	.	388	143
398	28,000	1	,270	,019	389	142
399	29,000	1	.	.	390	141
400	29,000	1	.	.	391	140
401	29,000	1	.	.	392	139
402	29,000	1	.	.	393	138
403	29,000	1	.	.	394	137
404	29,000	1	,259	,019	395	136
405	30,000	1	.	.	396	135
406	30,000	1	.	.	397	134
407	30,000	1	.	.	398	133
408	30,000	1	,251	,019	399	132
409	31,000	1	.	.	400	131
410	31,000	1	.	.	401	130
411	31,000	1	.	.	402	129
412	31,000	1	.	.	403	128

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
413	31,000	1	.	.	404	127
414	31,000	1	,240	,019	405	126
415	31,000	0	.	.	405	125
416	32,000	1	.	.	406	124
417	32,000	1	.	.	407	123
418	32,000	1	.	.	408	122
419	32,000	1	.	.	409	121
420	32,000	1	.	.	410	120
421	32,000	1	.	.	411	119
422	32,000	1	,226	,018	412	118
423	33,000	1	.	.	413	117
424	33,000	1	.	.	414	116
425	33,000	1	.	.	415	115
426	33,000	1	.	.	416	114
427	33,000	1	.	.	417	113
428	33,000	1	,215	,018	418	112
429	34,000	1	,213	,018	419	111
430	35,000	1	.	.	420	110
431	35,000	1	.	.	421	109
432	35,000	1	.	.	422	108
433	35,000	1	.	.	423	107
434	35,000	1	.	.	424	106
435	35,000	1	,201	,017	425	105
436	36,000	1	.	.	426	104
437	36,000	1	.	.	427	103
438	36,000	1	.	.	428	102
439	36,000	1	.	.	429	101
440	36,000	1	.	.	430	100
441	36,000	1	,190	,017	431	99
442	37,000	1	.	.	432	98
443	37,000	1	.	.	433	97
444	37,000	1	.	.	434	96
445	37,000	1	.	.	435	95
446	37,000	1	,180	,017	436	94
447	38,000	1	.	.	437	93
448	38,000	1	.	.	438	92
449	38,000	1	.	.	439	91
450	38,000	1	.	.	440	90
451	38,000	1	.	.	441	89
452	38,000	1	,169	,016	442	88
453	39,000	1	.	.	443	87
454	39,000	1	,165	,016	444	86

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
455	40,000	1	.	.	445	85
456	40,000	1	.	.	446	84
457	40,000	1	,159	,016	447	83
458	41,000	1	,157	,016	448	82
459	42,000	1	,155	,016	449	81
460	42,000	0	.	.	449	80
461	43,000	1	.	.	450	79
462	43,000	1	.	.	451	78
463	43,000	1	.	.	452	77
464	43,000	1	.	.	453	76
465	43,000	1	,146	,015	454	75
466	44,000	1	.	.	455	74
467	44,000	1	.	.	456	73
468	44,000	1	.	.	457	72
469	44,000	1	,138	,015	458	71
470	45,000	1	.	.	459	70
471	45,000	1	,134	,015	460	69
472	46,000	1	.	.	461	68
473	46,000	1	.	.	462	67
474	46,000	1	.	.	463	66
475	46,000	1	,126	,015	464	65
476	47,000	1	,124	,014	465	64
477	48,000	1	.	.	466	63
478	48,000	1	.	.	467	62
479	48,000	1	.	.	468	61
480	48,000	1	,116	,014	469	60
481	49,000	1	,115	,014	470	59
482	50,000	1	.	.	471	58
483	50,000	1	.	.	472	57
484	50,000	1	,109	,014	473	56
485	51,000	1	.	.	474	55
486	51,000	1	,105	,013	475	54
487	52,000	1	.	.	476	53
488	52,000	1	.	.	477	52
489	52,000	1	,099	,013	478	51
490	54,000	1	.	.	479	50
491	54,000	1	.	.	480	49
492	54,000	1	,093	,013	481	48
493	56,000	1	.	.	482	47
494	56,000	1	.	.	483	46
495	56,000	1	,087	,012	484	45
496	57,000	1	.	.	485	44

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
497	57,000	1	,083	,012	486	43
498	58,000	1	.	.	487	42
499	58,000	1	,080	,012	488	41
500	59,000	1	.	.	489	40
501	59,000	1	.	.	490	39
502	59,000	1	,074	,011	491	38
503	60,000	1	.	.	492	37
504	60,000	1	.	.	493	36
505	60,000	1	,068	,011	494	35
506	65,000	1	.	.	495	34
507	65,000	1	,064	,011	496	33
508	66,000	1	,062	,011	497	32
509	70,000	1	.	.	498	31
510	70,000	1	.	.	499	30
511	70,000	1	.	.	500	29
512	70,000	1	.	.	501	28
513	70,000	1	.	.	502	27
514	70,000	1	,050	,010	503	26
515	71,000	1	,049	,009	504	25
516	72,000	1	,047	,009	505	24
517	76,000	1	,045	,009	506	23
518	77,000	1	.	.	507	22
519	77,000	1	,041	,009	508	21
520	78,000	1	,039	,008	509	20
521	79,000	1	.	.	510	19
522	79,000	1	,035	,008	511	18
523	80,000	1	,033	,008	512	17
524	81,000	1	,031	,008	513	16
525	85,000	1	,029	,007	514	15
526	87,000	1	,027	,007	515	14
527	91,000	1	,025	,007	516	13
528	92,000	0	.	.	516	12
529	93,000	1	,023	,007	517	11
530	97,000	1	.	.	518	10
531	97,000	1	,019	,006	519	9
532	102,000	1	,017	,006	520	8
533	108,000	1	,015	,005	521	7
534	116,000	1	,013	,005	522	6
535	118,000	1	,011	,005	523	5
536	131,000	1	,008	,004	524	4
537	189,000	1	,006	,004	525	3
538	203,000	1	,004	,003	526	2

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
539	225,000	1	,002	,002	527	1
540	289,000	1	,000	,000	528	0

Means and Medians for Survival Time

Mean ^a				Median	
95% Confidence Interval					
Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Std. Error
22,712	1,280	20,203	25,221	14,000	,881

a. Estimation is limited to the largest survival time if it is censored.

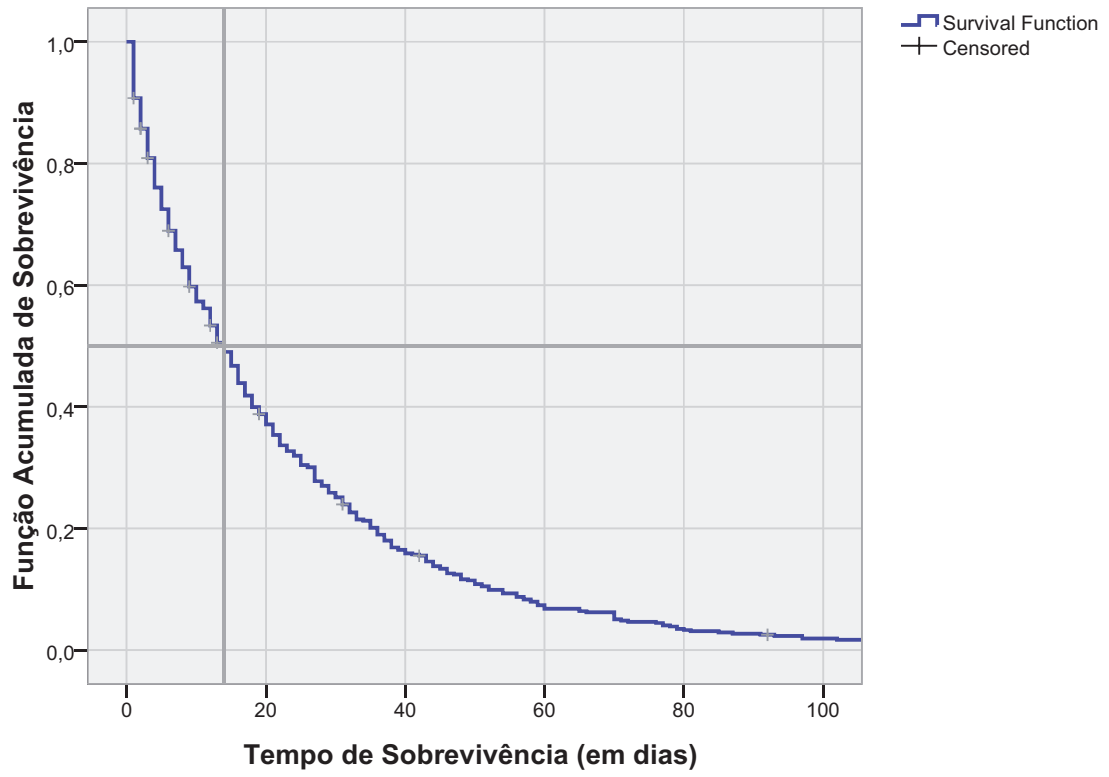
Means and Medians for Survival Time

Median	
95% Confidence Interval	
Lower Bound	Upper Bound
12,273	15,727

Percentiles

25,0%		50,0%		75,0%	
Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error
31,000	1,676	14,000	,881	5,000	,483

Função de Sobrevivência



Kaplan-Meier - Comparação de Funções de Fiabilidade (CS-TBB e CS-TKK)

Case Processing Summary

Grupo	Total N	N of Events	Censored	
			N	Percent
CS-TBB	82	81	1	1,2%
CS-TKK	21	20	1	4,8%
Overall	103	101	2	1,9%

Survival Table

Grupo	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time		
			Estimate	Std. Error	
CS-TBB	1	1,000	1	.	.
	2	1,000	1	.	.
	3	1,000	1	.	.
	4	1,000	1	.	.
	5	1,000	1	.	.
	6	1,000	1	.	.
	7	1,000	1	.	.
	8	1,000	1	.	.
	9	1,000	1	.	.
	10	1,000	1	,878	,036
	11	2,000	1	.	.
	12	2,000	1	.	.
	13	2,000	1	.	.
	14	2,000	1	.	.
	15	2,000	1	.	.
	16	2,000	1	,805	,044
	17	2,000	0	.	.
	18	3,000	1	.	.
	19	3,000	1	.	.
	20	3,000	1	.	.
	21	3,000	1	,755	,048
	22	4,000	1	.	.
	23	4,000	1	.	.
	24	4,000	1	,718	,050
	25	5,000	1	.	.
	26	5,000	1	.	.
	27	5,000	1	,681	,052
	28	6,000	1	.	.
	29	6,000	1	.	.
	30	6,000	1	,644	,053
	31	7,000	1	.	.

Survival Table

Grupo			
		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
CS-TBB	1	1	81
	2	2	80
	3	3	79
	4	4	78
	5	5	77
	6	6	76
	7	7	75
	8	8	74
	9	9	73
	10	10	72
	11	11	71
	12	12	70
	13	13	69
	14	14	68
	15	15	67
	16	16	66
	17	16	65
	18	17	64
	19	18	63
	20	19	62
	21	20	61
	22	21	60
	23	22	59
	24	23	58
	25	24	57
	26	25	56
	27	26	55
	28	27	54
	29	28	53
	30	29	52
	31	30	51

Survival Table

Grupo	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time		
			Estimate	Std. Error	
CS-TBB	32	7,000	1	.	.
	33	7,000	1	.	.
	34	7,000	1	,594	,054
	35	8,000	1	.	.
	36	8,000	1	.	.
	37	8,000	1	,557	,055
	38	9,000	1	.	.
	39	9,000	1	.	.
	40	9,000	1	.	.
	41	9,000	1	.	.
	42	9,000	1	,495	,056
	43	10,000	1	.	.
	44	10,000	1	.	.
	45	10,000	1	,458	,055
	46	11,000	1	.	.
	47	11,000	1	,433	,055
	48	12,000	1	,421	,055
	49	13,000	1	.	.
	50	13,000	1	.	.
	51	13,000	1	,384	,054
	52	14,000	1	.	.
	53	14,000	1	.	.
	54	14,000	1	,347	,053
	55	15,000	1	,334	,052
	56	16,000	1	.	.
	57	16,000	1	,310	,051
	58	17,000	1	,297	,051
	59	18,000	1	.	.
	60	18,000	1	.	.
	61	18,000	1	.	.
	62	18,000	1	,248	,048
	63	20,000	1	,235	,047
	64	21,000	1	.	.
	65	21,000	1	,211	,045
	66	23,000	1	,198	,044
	67	27,000	1	.	.
	68	27,000	1	,173	,042
	69	31,000	1	,161	,041
	70	32,000	1	,149	,040
	71	35,000	1	.	.
	72	35,000	1	,124	,037
	73	37,000	1	,111	,035

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
CS-TBB	32	31	50
	33	32	49
	34	33	48
	35	34	47
	36	35	46
	37	36	45
	38	37	44
	39	38	43
	40	39	42
	41	40	41
	42	41	40
	43	42	39
	44	43	38
	45	44	37
	46	45	36
	47	46	35
	48	47	34
	49	48	33
	50	49	32
	51	50	31
	52	51	30
	53	52	29
	54	53	28
	55	54	27
	56	55	26
	57	56	25
	58	57	24
	59	58	23
	60	59	22
	61	60	21
	62	61	20
	63	62	19
	64	63	18
	65	64	17
	66	65	16
	67	66	15
	68	67	14
	69	68	13
	70	69	12
	71	70	11
	72	71	10
	73	72	9

Survival Table

Grupo				Cumulative Proportion Surviving at the Time	
		Time	Status	Estimate	Std. Error
CS-TBB	74	38,000	1	,099	,033
	75	40,000	1	,087	,031
	76	43,000	1	,074	,029
	77	48,000	1	,062	,027
	78	49,000	1	,050	,024
	79	51,000	1	.	.
	80	51,000	1	,025	,017
	81	59,000	1	,012	,012
	82	72,000	1	,000	,000
CS-TKK	1	1,000	1	,952	,046
	2	3,000	1	.	.
	3	3,000	1	,857	,076
	4	5,000	1	,810	,086
	5	6,000	1	.	.
	6	6,000	1	,714	,099
	7	10,000	1	,667	,103
	8	16,000	1	,619	,106
	9	22,000	1	,571	,108
	10	27,000	1	,524	,109
	11	29,000	1	,476	,109
	12	32,000	1	,429	,108
	13	37,000	1	.	.
	14	37,000	1	,333	,103
	15	38,000	1	,286	,099
	16	42,000	0	.	.
	17	44,000	1	.	.
	18	44,000	1	,171	,086
	19	87,000	1	,114	,074
	20	91,000	1	,057	,055
	21	97,000	1	,000	,000

Survival Table

Grupo			
		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
CS-TBB	74	73	8
	75	74	7
	76	75	6
	77	76	5
	78	77	4
	79	78	3
	80	79	2
	81	80	1
	82	81	0
CS-TKK	1	1	20
	2	2	19
	3	3	18
	4	4	17
	5	5	16
	6	6	15
	7	7	14
	8	8	13
	9	9	12
	10	10	11
	11	11	10
	12	12	9
	13	13	8
	14	14	7
	15	15	6
	16	15	5
	17	16	4
	18	17	3
	19	18	2
	20	19	1
	21	20	0

Means and Medians for Survival Time

Grupo	Mean ^a				Median	
			95% Confidence Interval			
	Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Std. Error
CS-TBB	15,066	1,733	11,669	18,463	9,000	1,345
CS-TKK	33,695	6,825	20,319	47,072	29,000	7,629
Overall	18,792	2,050	14,775	22,809	11,000	1,679

a. Estimation is limited to the largest survival time if it is censored.

Means and Medians for Survival Time

Grupo	Median	
	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
CS-TBB	6,363	11,637
CS-TKK	14,047	43,953
Overall	7,710	14,290

Percentiles

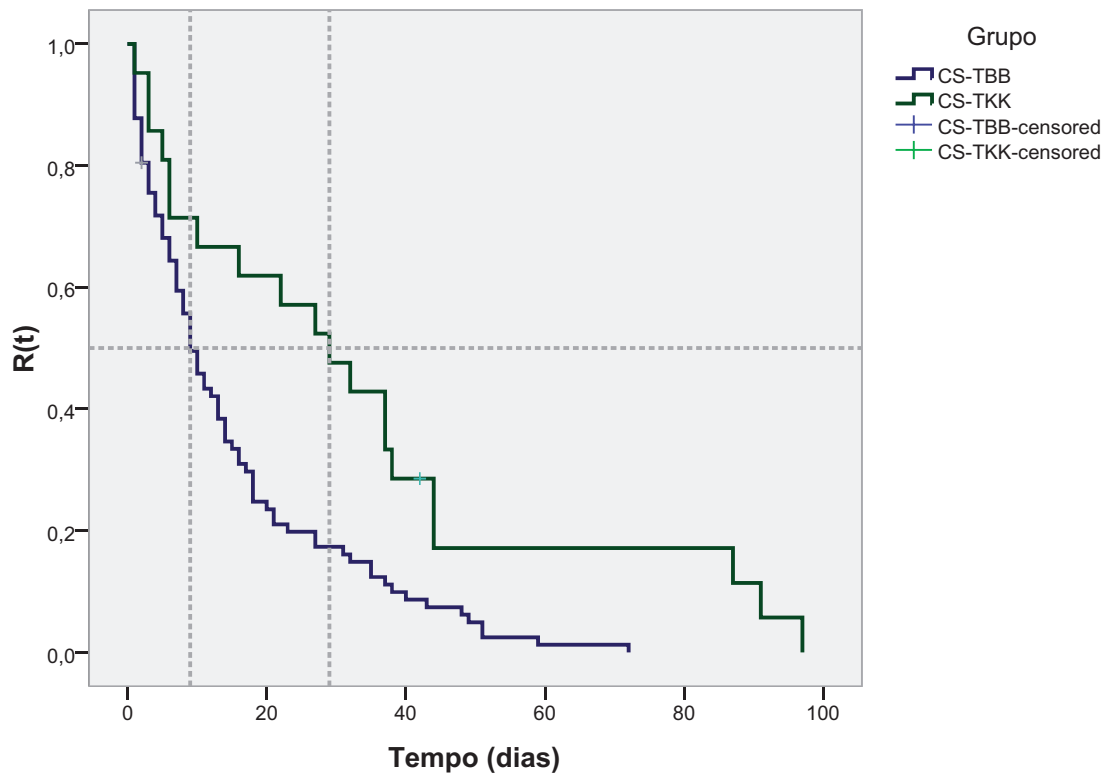
Grupo	25,0%		50,0%		75,0%	
	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error
CS-TBB	18,000	3,015	9,000	1,345	4,000	1,207
CS-TKK	44,000	3,723	29,000	7,629	6,000	3,450
Overall	27,000	5,009	11,000	1,679	4,000	,972

Overall Comparisons

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	9,472	1	,002

Test of equality of survival distributions for the different levels of Grupo.

Comparação de Funções de Fiabilidade



Cox Regression - Análise sistemas-avião (variante A330-223)

Case Processing Summary

		N	Percent
Cases available in analysis	Event ^a	344	92,5%
	Censored	28	7,5%
	Total	372	100,0%
Cases dropped	Cases with missing values	0	,0%
	Cases with negative time	0	,0%
	Censored cases before the earliest event in a stratum	0	,0%
	Total	0	,0%
	Total	372	100,0%

a. Dependent Variable: Tvida

Block 0: Beginning Block

Omnibus Tests of Model Coefficients

-2 Log Likelihood
3412,475

Block 1: Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^u

Step	-2 Log Likelihood	Overall (score)			Change From Previous Step		
		Chi-square	df	Sig.	Chi-square	df	Sig.
1 ^a	3287,211	104,596	27	,000	125,265	27	,000
2 ^b	3287,282	104,582	26	,000	,071	1	,790

a. Variable(s) Entered at Step Number 1: ATA_21 ATA_22 ATA_23 ATA_24 ATA_25 ATA_26 ATA_27 ATA_28 ATA_29 ATA_30 ATA_31 ATA_32 ATA_33 ATA_34 ATA_35 ATA_36 ATA_38 ATA_46 ATA_49 ATA_52 ATA_56 ATA_71 ATA_75 ATA_77 ATA_78 ATA_79 ATA_80

b. Variable Removed at Step Number 2: ATA_22

t. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 3412,475

u. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^u

Step	Change From Previous Block		
	Chi-square	df	Sig.
1 ^a	125,265	27	,000
2 ^b	125,194	26	,000

a. Variable(s) Entered at Step Number 1: ATA_21 ATA_22 ATA_23 ATA_24 ATA_25 ATA_26 ATA_27
ATA_28 ATA_29 ATA_30 ATA_31 ATA_32 ATA_33 ATA_34 ATA_35 ATA_36 ATA_38 ATA_46
ATA_49 ATA_52 ATA_56 ATA_71 ATA_75 ATA_77 ATA_78 ATA_79 ATA_80

b. Variable Removed at Step Number 2: ATA_22

t. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 3412,475

u. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^{t,u}

Step	-2 Log Likelihood	Overall (score)			Change From Previous Step		
		Chi-square	df	Sig.	Chi-square	df	Sig.
3 ^c	3287,355	104,565	25	,000	,073	1	,787
4 ^d	3287,749	104,282	24	,000	,394	1	,530
5 ^e	3288,285	104,015	23	,000	,536	1	,464
6 ^f	3289,341	103,497	22	,000	1,057	1	,304
7 ^g	3291,050	102,723	21	,000	1,709	1	,191
8 ^h	3294,264	100,814	20	,000	3,214	1	,073
9 ⁱ	3297,952	99,202	19	,000	3,688	1	,055
10 ^j	3300,937	98,026	18	,000	2,985	1	,084
11 ^k	3304,091	96,210	17	,000	3,154	1	,076
12 ^l	3306,876	94,705	16	,000	2,785	1	,095
13 ^m	3309,789	93,183	15	,000	2,913	1	,088
14 ⁿ	3312,707	91,787	14	,000	2,919	1	,088
15 ^o	3317,181	89,713	13	,000	4,474	1	,034
16 ^p	3312,399	92,598	14	,000	4,783	1	,029
17 ^q	3307,389	95,522	15	,000	5,009	1	,025
18 ^r	3303,809	97,261	16	,000	3,580	1	,058
19 ^s	3299,532	99,448	17	,000	4,277	1	,039

- a. Variable(s) Entered at Step Number 1: ATA_21 ATA_22 ATA_23 ATA_24 ATA_25 ATA_26 ATA_27 ATA_28 ATA_29 ATA_30 ATA_31 ATA_32 ATA_33 ATA_34 ATA_35 ATA_36 ATA_38 ATA_46 ATA_49 ATA_52 ATA_56 ATA_71 ATA_75 ATA_77 ATA_78 ATA_79 ATA_80
- c. Variable Removed at Step Number 3: ATA_29
- d. Variable Removed at Step Number 4: ATA_80
- e. Variable Removed at Step Number 5: ATA_33
- f. Variable Removed at Step Number 6: ATA_30
- g. Variable Removed at Step Number 7: ATA_71
- h. Variable Removed at Step Number 8: ATA_75
- i. Variable Removed at Step Number 9: ATA_78
- j. Variable Removed at Step Number 10: ATA_31
- k. Variable Removed at Step Number 11: ATA_35
- l. Variable Removed at Step Number 12: ATA_46
- m. Variable Removed at Step Number 13: ATA_56
- n. Variable Removed at Step Number 14: ATA_77
- o. Variable Removed at Step Number 15: ATA_79
- p. Variable(s) Entered at Step Number 16: ATA_33
- q. Variable(s) Entered at Step Number 17: ATA_80
- r. Variable(s) Entered at Step Number 18: ATA_29
- s. Variable(s) Entered at Step Number 19: ATA_22
- t. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 3412,475
- u. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Omnibus Tests of Model Coefficients^u

Step	Change From Previous Block		
	Chi-square	df	Sig.
3 ^c	125,121	25	,000
4 ^d	124,727	24	,000
5 ^e	124,191	23	,000
6 ^f	123,134	22	,000
7 ^g	121,426	21	,000
8 ^h	118,211	20	,000
9 ⁱ	114,523	19	,000
10 ^j	111,538	18	,000
11 ^k	108,385	17	,000
12 ^l	105,599	16	,000
13 ^m	102,687	15	,000
14 ⁿ	99,768	14	,000
15 ^o	95,294	13	,000
16 ^p	100,077	14	,000
17 ^q	105,086	15	,000
18 ^r	108,666	16	,000
19 ^s	112,943	17	,000

- a. Variable(s) Entered at Step Number 1: ATA_21 ATA_22 ATA_23 ATA_24 ATA_25 ATA_26 ATA_27
ATA_28 ATA_29 ATA_30 ATA_31 ATA_32 ATA_33 ATA_34 ATA_35 ATA_36 ATA_38 ATA_46
ATA_49 ATA_52 ATA_56 ATA_71 ATA_75 ATA_77 ATA_78 ATA_79 ATA_80
- c. Variable Removed at Step Number 3: ATA_29
- d. Variable Removed at Step Number 4: ATA_80
- e. Variable Removed at Step Number 5: ATA_33
- f. Variable Removed at Step Number 6: ATA_30
- g. Variable Removed at Step Number 7: ATA_71
- h. Variable Removed at Step Number 8: ATA_75
- i. Variable Removed at Step Number 9: ATA_78
- j. Variable Removed at Step Number 10: ATA_31
- k. Variable Removed at Step Number 11: ATA_35
- l. Variable Removed at Step Number 12: ATA_46
- m. Variable Removed at Step Number 13: ATA_56
- n. Variable Removed at Step Number 14: ATA_77
- o. Variable Removed at Step Number 15: ATA_79
- p. Variable(s) Entered at Step Number 16: ATA_33
- q. Variable(s) Entered at Step Number 17: ATA_80
- r. Variable(s) Entered at Step Number 18: ATA_29
- s. Variable(s) Entered at Step Number 19: ATA_22
- t. Beginning Block Number 0, initial Log Likelihood function: -2 Log likelihood: 3412,475
- u. Beginning Block Number 1. Method = Backward Stepwise (Wald)

Variables in the Equation

	B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1						
ATA_21	1,182	,441	7,192	1	,007	3,262
ATA_22	,139	,522	,071	1	,790	1,149
ATA_23	1,372	,433	10,031	1	,002	3,942
ATA_24	,995	,451	4,858	1	,028	2,704
ATA_25	1,098	,444	6,120	1	,013	2,999
ATA_26	,662	,466	2,018	1	,155	1,939
ATA_27	,794	,464	2,920	1	,087	2,211
ATA_28	1,105	,444	6,193	1	,013	3,020
ATA_29	,192	,524	,135	1	,713	1,212

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1	ATA_30	-,197	,560	,124	1	,725	,821
	ATA_31	-1,158	,726	2,541	1	,111	,314
	ATA_32	1,316	,434	9,215	1	,002	3,729
	ATA_33	,447	,494	,818	1	,366	1,564
	ATA_34	,677	,474	2,037	1	,154	1,968
	ATA_35	-1,227	,805	2,324	1	,127	,293
	ATA_36	,708	,471	2,258	1	,133	2,030
	ATA_38	1,208	,438	7,617	1	,006	3,348
	ATA_46	-1,292	,809	2,550	1	,110	,275
	ATA_49	,654	,474	1,907	1	,167	1,924
	ATA_52	1,029	,448	5,279	1	,022	2,799
	ATA_56	-1,416	,820	2,985	1	,084	,243
	ATA_71	-,437	,598	,535	1	,465	,646
	ATA_75	-,845	,692	1,494	1	,222	,429
	ATA_77	-1,629	,854	3,640	1	,056	,196
	ATA_78	-1,079	,725	2,215	1	,137	,340
	ATA_79	-2,454	1,142	4,619	1	,032	,086
ATA_80	,355	,497	,511	1	,475	1,426	
Step 2	ATA_21	1,108	,335	10,920	1	,001	3,029
	ATA_23	1,298	,325	15,919	1	,000	3,661
	ATA_24	,921	,349	6,960	1	,008	2,511
	ATA_25	1,025	,341	9,050	1	,003	2,787
	ATA_26	,590	,373	2,501	1	,114	1,804
	ATA_27	,720	,366	3,867	1	,049	2,054
	ATA_28	1,031	,340	9,199	1	,002	2,805
	ATA_29	,120	,441	,074	1	,786	1,127
	ATA_30	-,268	,488	,302	1	,582	,765
	ATA_31	-1,228	,673	3,328	1	,068	,293
	ATA_32	1,242	,326	14,496	1	,000	3,464
	ATA_33	,373	,403	,856	1	,355	1,452
	ATA_34	,603	,378	2,541	1	,111	1,828
	ATA_35	-1,297	,757	2,934	1	,087	,273
	ATA_36	,635	,376	2,847	1	,092	1,887
	ATA_38	1,135	,332	11,664	1	,001	3,110
	ATA_46	-1,361	,763	3,181	1	,074	,256
ATA_49	,580	,378	2,359	1	,125	1,787	
ATA_52	,956	,345	7,668	1	,006	2,600	
ATA_56	-1,486	,773	3,699	1	,054	,226	
ATA_71	-,508	,533	,909	1	,341	,602	
ATA_75	-,916	,635	2,076	1	,150	,400	
ATA_77	-1,699	,809	4,412	1	,036	,183	
ATA_78	-1,150	,672	2,928	1	,087	,317	
ATA_79	-2,524	1,109	5,178	1	,023	,080	
ATA_80	,283	,410	,475	1	,490	1,327	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 3	ATA_21	1,068	,298	12,866	1	,000	2,910
	ATA_23	1,257	,286	19,291	1	,000	3,516
	ATA_24	,880	,313	7,918	1	,005	2,412
	ATA_25	,984	,303	10,538	1	,001	2,676
	ATA_26	,550	,340	2,614	1	,106	1,733
	ATA_27	,679	,332	4,197	1	,040	1,972
	ATA_28	,991	,303	10,713	1	,001	2,693
	ATA_30	-,308	,464	,440	1	,507	,735
	ATA_31	-1,267	,656	3,726	1	,054	,282
	ATA_32	1,202	,287	17,527	1	,000	3,326
	ATA_33	,333	,372	,798	1	,372	1,395
	ATA_34	,563	,345	2,656	1	,103	1,755
	ATA_35	-1,337	,742	3,244	1	,072	,263
	ATA_36	,594	,342	3,016	1	,082	1,811
	ATA_38	1,094	,294	13,876	1	,000	2,987
	ATA_46	-1,399	,749	3,491	1	,062	,247
	ATA_49	,540	,345	2,454	1	,117	1,716
	ATA_52	,915	,308	8,812	1	,003	2,497
	ATA_56	-1,526	,758	4,050	1	,044	,217
	ATA_71	-,547	,511	1,144	1	,285	,579
	ATA_75	-,954	,618	2,387	1	,122	,385
	ATA_77	-1,738	,795	4,779	1	,029	,176
	ATA_78	-1,189	,655	3,295	1	,070	,305
	ATA_79	-2,563	1,099	5,436	1	,020	,077
	ATA_80	,242	,380	,407	1	,523	1,274

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 4	ATA_21	1,000	,274	13,295	1	,000	2,718
	ATA_23	1,189	,262	20,662	1	,000	3,284
	ATA_24	,812	,291	7,815	1	,005	2,253
	ATA_25	,916	,280	10,690	1	,001	2,500
	ATA_26	,482	,320	2,272	1	,132	1,620
	ATA_27	,611	,311	3,871	1	,049	1,842
	ATA_28	,922	,279	10,896	1	,001	2,515
	ATA_30	-,374	,450	,693	1	,405	,688
	ATA_31	-1,333	,646	4,255	1	,039	,264
	ATA_32	1,133	,262	18,660	1	,000	3,106
	ATA_33	,265	,354	,559	1	,455	1,303
	ATA_34	,495	,325	2,314	1	,128	1,640
	ATA_35	-1,403	,733	3,659	1	,056	,246
	ATA_36	,526	,322	2,671	1	,102	1,692
	ATA_38	1,026	,270	14,465	1	,000	2,789
	ATA_46	-1,465	,740	3,916	1	,048	,231
	ATA_49	,472	,324	2,114	1	,146	1,603
	ATA_52	,847	,286	8,797	1	,003	2,332
	ATA_56	-1,592	,750	4,511	1	,034	,204
	ATA_71	-,613	,498	1,512	1	,219	,542
	ATA_75	-1,021	,607	2,826	1	,093	,360
	ATA_77	-1,804	,787	5,259	1	,022	,165
	ATA_78	-1,255	,645	3,786	1	,052	,285
	ATA_79	-2,629	1,093	5,782	1	,016	,072

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 5	ATA_21	,934	,257	13,216	1	,000	2,544
	ATA_23	1,123	,243	21,292	1	,000	3,075
	ATA_24	,746	,274	7,403	1	,007	2,109
	ATA_25	,853	,264	10,398	1	,001	2,346
	ATA_26	,425	,308	1,895	1	,169	1,529
	ATA_27	,546	,296	3,407	1	,065	1,726
	ATA_28	,857	,263	10,634	1	,001	2,357
	ATA_30	-,431	,442	,953	1	,329	,650
	ATA_31	-1,387	,641	4,684	1	,030	,250
	ATA_32	1,068	,245	19,054	1	,000	2,911
	ATA_34	,429	,311	1,904	1	,168	1,535
	ATA_35	-1,456	,729	3,987	1	,046	,233
	ATA_36	,464	,309	2,260	1	,133	1,591
	ATA_38	,961	,253	14,460	1	,000	2,615
	ATA_46	-1,516	,736	4,244	1	,039	,220
	ATA_49	,406	,310	1,716	1	,190	1,501
	ATA_52	,782	,269	8,425	1	,004	2,185
	ATA_56	-1,646	,745	4,878	1	,027	,193
	ATA_71	-,666	,492	1,836	1	,175	,514
	ATA_75	-1,074	,602	3,188	1	,074	,342
ATA_77	-1,859	,782	5,645	1	,018	,156	
ATA_78	-1,309	,640	4,190	1	,041	,270	
ATA_79	-2,683	1,090	6,054	1	,014	,068	
Step 6	ATA_21	,991	,252	15,407	1	,000	2,694
	ATA_23	1,180	,239	24,427	1	,000	3,255
	ATA_24	,804	,270	8,847	1	,003	2,234
	ATA_25	,910	,260	12,259	1	,000	2,485
	ATA_26	,486	,304	2,552	1	,110	1,625
	ATA_27	,603	,292	4,274	1	,039	1,828
	ATA_28	,915	,259	12,510	1	,000	2,496
	ATA_31	-1,309	,636	4,237	1	,040	,270
	ATA_32	1,126	,240	21,984	1	,000	3,083
	ATA_34	,486	,307	2,507	1	,113	1,626
	ATA_35	-1,380	,725	3,621	1	,057	,252
	ATA_36	,523	,305	2,942	1	,086	1,687
	ATA_38	1,019	,248	16,842	1	,000	2,770
	ATA_46	-1,436	,731	3,857	1	,050	,238
	ATA_49	,464	,307	2,290	1	,130	1,590
	ATA_52	,839	,265	10,024	1	,002	2,314
	ATA_56	-1,569	,741	4,482	1	,034	,208
	ATA_71	-,590	,486	1,476	1	,224	,554
	ATA_75	-1,004	,598	2,818	1	,093	,367
	ATA_77	-1,781	,778	5,235	1	,022	,168
ATA_78	-1,231	,635	3,765	1	,052	,292	
ATA_79	-2,602	1,087	5,729	1	,017	,074	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 7	ATA_21	1,045	,251	17,396	1	,000	2,844
	ATA_23	1,234	,237	27,160	1	,000	3,436
	ATA_24	,859	,268	10,234	1	,001	2,360
	ATA_25	,967	,258	14,042	1	,000	2,629
	ATA_26	,549	,301	3,325	1	,068	1,732
	ATA_27	,658	,290	5,156	1	,023	1,932
	ATA_28	,969	,257	14,261	1	,000	2,637
	ATA_31	-1,197	,627	3,650	1	,056	,302
	ATA_32	1,181	,238	24,623	1	,000	3,258
	ATA_34	,541	,305	3,141	1	,076	1,718
	ATA_35	-1,299	,723	3,232	1	,072	,273
	ATA_36	,581	,303	3,683	1	,055	1,788
	ATA_38	1,074	,246	19,028	1	,000	2,927
	ATA_46	-1,339	,727	3,396	1	,065	,262
	ATA_49	,519	,305	2,899	1	,089	1,681
	ATA_52	,894	,263	11,561	1	,001	2,446
	ATA_56	-1,461	,734	3,961	1	,047	,232
	ATA_75	-,928	,595	2,428	1	,119	,395
	ATA_77	-1,669	,771	4,689	1	,030	,188
ATA_78	-1,121	,626	3,211	1	,073	,326	
ATA_79	-2,485	1,082	5,277	1	,022	,083	
Step 8	ATA_21	1,110	,250	19,782	1	,000	3,035
	ATA_23	1,299	,236	30,333	1	,000	3,665
	ATA_24	,924	,267	11,945	1	,001	2,519
	ATA_25	1,033	,257	16,185	1	,000	2,810
	ATA_26	,624	,300	4,335	1	,037	1,866
	ATA_27	,724	,289	6,282	1	,012	2,063
	ATA_28	1,035	,256	16,376	1	,000	2,814
	ATA_31	-1,118	,626	3,192	1	,074	,327
	ATA_32	1,247	,237	27,697	1	,000	3,479
	ATA_34	,607	,305	3,975	1	,046	1,835
	ATA_35	-1,215	,722	2,835	1	,092	,297
	ATA_36	,650	,302	4,637	1	,031	1,915
	ATA_38	1,140	,245	21,612	1	,000	3,126
	ATA_46	-1,252	,725	2,977	1	,084	,286
	ATA_49	,585	,304	3,704	1	,054	1,795
	ATA_52	,960	,262	13,437	1	,000	2,613
	ATA_56	-1,382	,734	3,548	1	,060	,251
	ATA_77	-1,591	,770	4,264	1	,039	,204
	ATA_78	-1,043	,625	2,783	1	,095	,352
ATA_79	-2,405	1,082	4,946	1	,026	,090	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 9	ATA_21	1,170	,249	22,065	1	,000	3,222
	ATA_23	1,358	,235	33,331	1	,000	3,890
	ATA_24	,984	,267	13,607	1	,000	2,676
	ATA_25	1,095	,256	18,240	1	,000	2,988
	ATA_26	,690	,299	5,322	1	,021	1,993
	ATA_27	,785	,288	7,405	1	,007	2,192
	ATA_28	1,095	,255	18,415	1	,000	2,989
	ATA_31	-,924	,602	2,354	1	,125	,397
	ATA_32	1,307	,236	30,605	1	,000	3,696
	ATA_34	,668	,304	4,823	1	,028	1,950
	ATA_35	-,134	,721	2,478	1	,115	,322
	ATA_36	,713	,301	5,607	1	,018	2,040
	ATA_38	1,200	,245	24,086	1	,000	3,321
	ATA_46	-,156	,723	2,555	1	,110	,315
	ATA_49	,646	,304	4,527	1	,033	1,907
	ATA_52	1,021	,261	15,255	1	,000	2,776
	ATA_56	-,242	,725	2,936	1	,087	,289
	ATA_77	-,397	,751	3,456	1	,063	,247
	ATA_79	-,2196	1,067	4,238	1	,040	,111
Step 10	ATA_21	1,217	,249	23,973	1	,000	3,378
	ATA_23	1,406	,235	35,834	1	,000	4,078
	ATA_24	1,032	,266	15,003	1	,000	2,806
	ATA_25	1,143	,256	19,954	1	,000	3,135
	ATA_26	,741	,298	6,169	1	,013	2,098
	ATA_27	,833	,288	8,357	1	,004	2,299
	ATA_28	1,143	,255	20,129	1	,000	3,135
	ATA_32	1,355	,236	33,037	1	,000	3,877
	ATA_34	,715	,304	5,549	1	,018	2,045
	ATA_35	-,1073	,720	2,221	1	,136	,342
	ATA_36	,762	,300	6,430	1	,011	2,142
	ATA_38	1,248	,244	26,151	1	,000	3,484
	ATA_46	-,1086	,722	2,261	1	,133	,338
	ATA_49	,693	,303	5,236	1	,022	2,001
	ATA_52	1,069	,261	16,779	1	,000	2,912
	ATA_56	-,1153	,722	2,550	1	,110	,316
	ATA_77	-,1215	,729	2,773	1	,096	,297
	ATA_79	-,1887	1,024	3,394	1	,065	,152

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 11	ATA_21	1,265	,248	25,988	1	,000	3,545
	ATA_23	1,454	,234	38,441	1	,000	4,278
	ATA_24	1,081	,266	16,507	1	,000	2,946
	ATA_25	1,193	,255	21,837	1	,000	3,297
	ATA_26	,797	,298	7,170	1	,007	2,218
	ATA_27	,882	,288	9,404	1	,002	2,416
	ATA_28	1,192	,254	21,963	1	,000	3,293
	ATA_32	1,404	,235	35,634	1	,000	4,073
	ATA_34	,764	,303	6,353	1	,012	2,148
	ATA_36	,815	,300	7,390	1	,007	2,259
	ATA_38	1,298	,244	28,375	1	,000	3,661
	ATA_46	-1,021	,722	2,003	1	,157	,360
	ATA_49	,743	,303	6,025	1	,014	2,102
	ATA_52	1,118	,260	18,433	1	,000	3,060
	ATA_56	-1,095	,722	2,303	1	,129	,334
	ATA_77	-1,166	,730	2,551	1	,110	,312
	ATA_79	-1,845	1,025	3,237	1	,072	,158
Step 12	ATA_21	1,305	,248	27,692	1	,000	3,686
	ATA_23	1,493	,234	40,640	1	,000	4,448
	ATA_24	1,120	,266	17,775	1	,000	3,065
	ATA_25	1,233	,255	23,409	1	,000	3,433
	ATA_26	,844	,297	8,076	1	,004	2,325
	ATA_27	,922	,287	10,288	1	,001	2,513
	ATA_28	1,231	,254	23,500	1	,000	3,425
	ATA_32	1,444	,235	37,779	1	,000	4,238
	ATA_34	,804	,303	7,041	1	,008	2,234
	ATA_36	,856	,299	8,181	1	,004	2,355
	ATA_38	1,337	,243	30,216	1	,000	3,809
	ATA_49	,783	,302	6,698	1	,010	2,187
	ATA_52	1,158	,260	19,810	1	,000	3,183
	ATA_56	-1,040	,721	2,079	1	,149	,353
	ATA_77	-1,118	,731	2,343	1	,126	,327
	ATA_79	-1,802	1,026	3,081	1	,079	,165

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 13	ATA_21	1,345	,248	29,487	1	,000	3,836
	ATA_23	1,532	,234	42,943	1	,000	4,628
	ATA_24	1,160	,265	19,129	1	,000	3,191
	ATA_25	1,275	,255	25,070	1	,000	3,577
	ATA_26	,888	,296	8,968	1	,003	2,430
	ATA_27	,962	,287	11,248	1	,001	2,618
	ATA_28	1,271	,254	25,127	1	,000	3,566
	ATA_32	1,485	,235	40,064	1	,000	4,413
	ATA_34	,844	,303	7,788	1	,005	2,327
	ATA_36	,899	,299	9,045	1	,003	2,458
	ATA_38	1,378	,243	32,169	1	,000	3,966
	ATA_49	,823	,302	7,429	1	,006	2,278
	ATA_52	1,199	,260	21,297	1	,000	3,316
	ATA_77	-1,059	,730	2,103	1	,147	,347
ATA_79	-1,747	1,027	2,894	1	,089	,174	
Step 14	ATA_21	1,379	,247	31,108	1	,000	3,972
	ATA_23	1,567	,234	45,012	1	,000	4,791
	ATA_24	1,196	,265	20,352	1	,000	3,305
	ATA_25	1,309	,254	26,522	1	,000	3,704
	ATA_26	,924	,296	9,727	1	,002	2,519
	ATA_27	,998	,287	12,120	1	,000	2,713
	ATA_28	1,306	,253	26,580	1	,000	3,692
	ATA_32	1,520	,234	42,091	1	,000	4,571
	ATA_34	,880	,302	8,471	1	,004	2,411
	ATA_36	,935	,299	9,791	1	,002	2,546
	ATA_38	1,413	,243	33,900	1	,000	4,107
ATA_49	,859	,302	8,096	1	,004	2,360	
ATA_52	1,234	,259	22,631	1	,000	3,436	
ATA_79	-1,652	1,025	2,599	1	,107	,192	
Step 15	ATA_21	1,408	,247	32,427	1	,000	4,089
	ATA_23	1,596	,234	46,677	1	,000	4,931
	ATA_24	1,225	,265	21,362	1	,000	3,403
	ATA_25	1,339	,254	27,725	1	,000	3,814
	ATA_26	,955	,296	10,408	1	,001	2,599
	ATA_27	1,027	,287	12,848	1	,000	2,794
	ATA_28	1,335	,253	27,771	1	,000	3,801
	ATA_32	1,549	,234	43,726	1	,000	4,706
	ATA_34	,909	,302	9,048	1	,003	2,483
	ATA_36	,964	,299	10,429	1	,001	2,623
	ATA_38	1,442	,243	35,312	1	,000	4,228
ATA_49	,888	,302	8,658	1	,003	2,430	
ATA_52	1,264	,259	23,727	1	,000	3,538	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 16	ATA_21	1,537	,257	35,721	1	,000	4,650
	ATA_23	1,725	,244	49,974	1	,000	5,610
	ATA_24	1,352	,274	24,339	1	,000	3,866
	ATA_25	1,461	,263	30,873	1	,000	4,309
	ATA_26	1,059	,302	12,322	1	,000	2,885
	ATA_27	1,154	,295	15,297	1	,000	3,170
	ATA_28	1,461	,263	30,963	1	,000	4,312
	ATA_32	1,674	,244	47,022	1	,000	5,333
	ATA_33	,807	,340	5,634	1	,018	2,241
	ATA_34	1,037	,310	11,157	1	,001	2,819
	ATA_36	1,079	,306	12,471	1	,000	2,942
	ATA_38	1,566	,252	38,623	1	,000	4,790
	ATA_49	1,014	,310	10,720	1	,001	2,756
	ATA_52	1,389	,268	26,770	1	,000	4,011
Step 17	ATA_21	1,665	,267	38,915	1	,000	5,285
	ATA_23	1,853	,254	53,151	1	,000	6,381
	ATA_24	1,479	,283	27,287	1	,000	4,390
	ATA_25	1,587	,272	33,986	1	,000	4,887
	ATA_26	1,178	,309	14,517	1	,000	3,248
	ATA_27	1,280	,303	17,805	1	,000	3,598
	ATA_28	1,590	,272	34,112	1	,000	4,901
	ATA_32	1,802	,254	50,200	1	,000	6,061
	ATA_33	,933	,347	7,220	1	,007	2,543
	ATA_34	1,163	,318	13,341	1	,000	3,199
	ATA_36	1,203	,313	14,731	1	,000	3,331
	ATA_38	1,694	,262	41,845	1	,000	5,442
	ATA_49	1,140	,318	12,888	1	,000	3,128
	ATA_52	1,516	,278	29,794	1	,000	4,555
ATA_80	,865	,353	6,016	1	,014	2,376	
Step 18	ATA_21	1,785	,278	41,114	1	,000	5,961
	ATA_23	1,974	,266	54,940	1	,000	7,199
	ATA_24	1,600	,294	29,584	1	,000	4,951
	ATA_25	1,707	,283	36,259	1	,000	5,512
	ATA_26	1,290	,318	16,473	1	,000	3,635
	ATA_27	1,401	,314	19,944	1	,000	4,057
	ATA_28	1,710	,283	36,385	1	,000	5,529
	ATA_29	,815	,396	4,243	1	,039	2,260
	ATA_32	1,923	,266	52,069	1	,000	6,838
	ATA_33	1,054	,356	8,743	1	,003	2,868
	ATA_34	1,283	,328	15,291	1	,000	3,607
	ATA_36	1,324	,323	16,759	1	,000	3,759
	ATA_38	1,815	,274	43,972	1	,000	6,141
	ATA_49	1,261	,327	14,825	1	,000	3,528
ATA_52	1,637	,289	32,095	1	,000	5,137	
ATA_80	,980	,361	7,376	1	,007	2,664	

Variables in the Equation

		B	SE	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 19	ATA_21	1,955	,296	43,520	1	,000	7,063
	ATA_22	,917	,407	5,075	1	,024	2,502
	ATA_23	2,144	,285	56,582	1	,000	8,531
	ATA_24	1,769	,311	32,331	1	,000	5,862
	ATA_25	1,873	,301	38,838	1	,000	6,508
	ATA_26	1,444	,332	18,963	1	,000	4,236
	ATA_27	1,568	,329	22,663	1	,000	4,799
	ATA_28	1,878	,301	38,966	1	,000	6,543
	ATA_29	,972	,408	5,692	1	,017	2,644
	ATA_32	2,090	,285	53,851	1	,000	8,086
	ATA_33	1,222	,370	10,881	1	,001	3,393
	ATA_34	1,452	,343	17,874	1	,000	4,270
	ATA_36	1,486	,338	19,305	1	,000	4,419
	ATA_38	1,982	,292	46,223	1	,000	7,259
	ATA_49	1,429	,343	17,389	1	,000	4,174
	ATA_52	1,804	,306	34,770	1	,000	6,075
	ATA_80	1,136	,373	9,261	1	,002	3,114

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,
o,p,q,r

	Score	df	Sig.
Step 2 ATA_22	,071	1	,790
Step 3 ATA_22	,008	1	,927
ATA_29	,074	1	,786

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
- b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
- c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
- d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
- e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
- f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
- g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
- h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
- i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
- j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
- k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
- l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
- m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
- n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
- o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
- p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
- q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
- r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q,r}

		Score	df	Sig.
Step 4	ATA_22	,019	1	,891
	ATA_29	,001	1	,971
	ATA_80	,409	1	,522
Step 5	ATA_22	,106	1	,745
	ATA_29	,023	1	,879
	ATA_33	,562	1	,453
	ATA_80	,167	1	,682
Step 6	ATA_22	,018	1	,893
	ATA_29	,001	1	,971
	ATA_30	,966	1	,326
	ATA_33	,899	1	,343
	ATA_80	,373	1	,542
Step 7	ATA_22	,003	1	,959
	ATA_29	,050	1	,823
	ATA_30	,572	1	,449
	ATA_33	1,303	1	,254
	ATA_71	1,512	1	,219
	ATA_80	,667	1	,414

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
- b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
- c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
- d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
- e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
- f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
- g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
- h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
- i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
- j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
- k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
- l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
- m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
- n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
- o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
- p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
- q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
- r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q,r}

		Score	df	Sig.
Step 8	ATA_22	,072	1	,788
	ATA_29	,192	1	,661
	ATA_30	,287	1	,592
	ATA_33	1,885	1	,170
	ATA_71	1,016	1	,313
	ATA_75	2,604	1	,107
	ATA_80	1,123	1	,289
Step 9	ATA_22	,210	1	,647
	ATA_29	,398	1	,528
	ATA_30	,107	1	,743
	ATA_33	2,515	1	,113
	ATA_71	,530	1	,467
	ATA_75	2,104	1	,147
	ATA_78	2,971	1	,085
	ATA_80	1,626	1	,202

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 10	ATA_22	,367	1	,545
	ATA_29	,608	1	,436
	ATA_30	,030	1	,863
	ATA_31	2,461	1	,117
	ATA_33	3,071	1	,080
	ATA_71	,293	1	,588
	ATA_75	1,765	1	,184
	ATA_78	2,053	1	,152
Step 11	ATA_80	2,083	1	,149
	ATA_22	,582	1	,446
	ATA_29	,893	1	,345
	ATA_30	,000	1	,988
	ATA_31	2,125	1	,145
	ATA_33	3,705	1	,054
	ATA_35	2,441	1	,118
	ATA_71	,156	1	,693
	ATA_75	1,443	1	,230
	ATA_78	1,746	1	,186
ATA_80	2,642	1	,104	

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 12	ATA_22	,795	1	,373
	ATA_29	1,151	1	,283
	ATA_30	,014	1	,905
	ATA_31	1,818	1	,178
	ATA_33	4,258	1	,039
	ATA_35	2,134	1	,144
	ATA_46	2,180	1	,140
	ATA_71	,065	1	,799
	ATA_75	1,189	1	,276
	ATA_78	1,472	1	,225
	ATA_80	3,151	1	,076
Step 13	ATA_22	1,034	1	,309
	ATA_29	1,448	1	,229
	ATA_30	,057	1	,811
	ATA_31	1,464	1	,226
	ATA_33	4,870	1	,027
	ATA_35	1,889	1	,169
	ATA_46	1,908	1	,167
	ATA_56	2,268	1	,132
	ATA_71	,014	1	,905
	ATA_75	,995	1	,319
ATA_78	1,164	1	,281	
ATA_80	3,684	1	,055	

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 14	ATA_22	1,260	1	,262
	ATA_29	1,712	1	,191
	ATA_30	,116	1	,734
	ATA_31	,932	1	,334
	ATA_33	5,438	1	,020
	ATA_35	1,706	1	,191
	ATA_46	1,702	1	,192
	ATA_56	1,983	1	,159
	ATA_71	,000	1	,992
	ATA_75	,850	1	,356
	ATA_77	2,286	1	,131
	ATA_78	,881	1	,348
	ATA_80	4,160	1	,041

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 15	ATA_22	1,471	1	,225
	ATA_29	1,956	1	,162
	ATA_30	,186	1	,667
	ATA_31	,383	1	,536
	ATA_33	5,939	1	,015
	ATA_35	1,547	1	,214
	ATA_46	1,519	1	,218
	ATA_56	1,743	1	,187
	ATA_71	,009	1	,926
	ATA_75	,728	1	,393
	ATA_77	1,823	1	,177
	ATA_78	,667	1	,414
	ATA_79	3,172	1	,075
	ATA_80	4,598	1	,032

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
- b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
- c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
- d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
- e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
- f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
- g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
- h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
- i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
- j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
- k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
- l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
- m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
- n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
- o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
- p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
- q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
- r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 16	ATA_22	2,450	1	,118
	ATA_29	2,998	1	,083
	ATA_30	,458	1	,498
	ATA_31	,243	1	,622
	ATA_35	1,253	1	,263
	ATA_46	1,259	1	,262
	ATA_56	1,452	1	,228
	ATA_71	,075	1	,784
	ATA_75	,486	1	,486
	ATA_77	1,553	1	,213
	ATA_78	,472	1	,492
	ATA_79	2,954	1	,086
	ATA_80	6,398	1	,011

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
- b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
- c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
- d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
- e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
- f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
- g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
- h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
- i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
- j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
- k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
- l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
- m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
- n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
- o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
- p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
- q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
- r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 17	ATA_22	3,810	1	,051
	ATA_29	4,481	1	,034
	ATA_30	,919	1	,338
	ATA_31	,120	1	,729
	ATA_35	,928	1	,335
	ATA_46	,962	1	,327
	ATA_56	1,138	1	,286
	ATA_71	,246	1	,620
	ATA_75	,256	1	,613
	ATA_77	1,274	1	,259
	ATA_78	,287	1	,592
	ATA_79	2,711	1	,100
Step 18	ATA_22	5,434	1	,020
	ATA_30	1,512	1	,219
	ATA_31	,046	1	,831
	ATA_35	,667	1	,414
	ATA_46	,730	1	,393
	ATA_56	,881	1	,348
	ATA_71	,499	1	,480
	ATA_75	,108	1	,743
	ATA_77	1,048	1	,306
ATA_78	,157	1	,692	
ATA_79	2,509	1	,113	

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Variables not in the Equation a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,
p,q,r

		Score	df	Sig.
Step 19	ATA_30	2,563	1	,109
	ATA_31	,002	1	,966
	ATA_35	,392	1	,531
	ATA_46	,468	1	,494
	ATA_56	,599	1	,439
	ATA_71	,976	1	,323
	ATA_75	,007	1	,933
	ATA_77	,788	1	,375
	ATA_78	,046	1	,831
	ATA_79	2,264	1	,132

- a. Residual Chi Square = ,071 with 1 df Sig. = ,790
- b. Residual Chi Square = ,142 with 2 df Sig. = ,931
- c. Residual Chi Square = ,542 with 3 df Sig. = ,909
- d. Residual Chi Square = 1,075 with 4 df Sig. = ,898
- e. Residual Chi Square = 2,103 with 5 df Sig. = ,835
- f. Residual Chi Square = 3,727 with 6 df Sig. = ,714
- g. Residual Chi Square = 6,568 with 7 df Sig. = ,475
- h. Residual Chi Square = 9,890 with 8 df Sig. = ,273
- i. Residual Chi Square = 12,672 with 9 df Sig. = ,178
- j. Residual Chi Square = 15,739 with 10 df Sig. = ,107
- k. Residual Chi Square = 18,536 with 11 df Sig. = ,070
- l. Residual Chi Square = 21,456 with 12 df Sig. = ,044
- m. Residual Chi Square = 24,237 with 13 df Sig. = ,029
- n. Residual Chi Square = 27,735 with 14 df Sig. = ,015
- o. Residual Chi Square = 23,952 with 13 df Sig. = ,032
- p. Residual Chi Square = 19,536 with 12 df Sig. = ,076
- q. Residual Chi Square = 16,619 with 11 df Sig. = ,120
- r. Residual Chi Square = 12,665 with 10 df Sig. = ,243

Covariate Means

	Mean
ATA_21	,070
ATA_22	,024
ATA_23	,086
ATA_24	,056
ATA_25	,062
ATA_26	,040
ATA_27	,046
ATA_28	,065
ATA_29	,024
ATA_30	,019

Covariate Means

	Mean
ATA_31	,013
ATA_32	,081
ATA_33	,032
ATA_34	,040
ATA_35	,008
ATA_36	,040
ATA_38	,073
ATA_46	,008
ATA_49	,040
ATA_52	,059
ATA_56	,008
ATA_71	,016
ATA_75	,011
ATA_77	,008
ATA_78	,011
ATA_79	,008
ATA_80	,030

Kaplan-Meier - Top 6 dos sistemas-avião

Case Processing Summary

Total N	N of Events	Censored	
		N	Percent
162	156	6	3,7%

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
	Time	Status	Estimate	Std. Error		
1	1,000	1	.	.	1	161
2	1,000	1	.	.	2	160
3	1,000	1	.	.	3	159
4	1,000	1	.	.	4	158
5	1,000	1	.	.	5	157
6	1,000	1	.	.	6	156
7	1,000	1	.	.	7	155
8	1,000	1	.	.	8	154
9	1,000	1	.	.	9	153
10	1,000	1	,938	,019	10	152
11	2,000	1	.	.	11	151
12	2,000	1	.	.	12	150
13	2,000	1	.	.	13	149
14	2,000	1	,914	,022	14	148
15	2,000	0	.	.	14	147
16	3,000	1	.	.	15	146
17	3,000	1	.	.	16	145
18	3,000	1	.	.	17	144
19	3,000	1	.	.	18	143
20	3,000	1	,883	,025	19	142
21	4,000	1	.	.	20	141
22	4,000	1	.	.	21	140
23	4,000	1	.	.	22	139
24	4,000	1	.	.	23	138
25	4,000	1	.	.	24	137
26	4,000	1	,845	,028	25	136
27	5,000	1	.	.	26	135
28	5,000	1	.	.	27	134
29	5,000	1	,827	,030	28	133
30	6,000	1	.	.	29	132
31	6,000	1	,814	,031	30	131
32	7,000	1	.	.	31	130
33	7,000	1	.	.	32	129
34	7,000	1	.	.	33	128

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
35	7,000	1	.	.	34	127
36	7,000	1	,783	,032	35	126
37	8,000	1	.	.	36	125
38	8,000	1	,771	,033	37	124
39	9,000	1	,764	,033	38	123
40	10,000	1	.	.	39	122
41	10,000	1	.	.	40	121
42	10,000	1	.	.	41	120
43	10,000	1	.	.	42	119
44	10,000	1	.	.	43	118
45	10,000	1	.	.	44	117
46	10,000	1	,721	,035	45	116
47	11,000	1	.	.	46	115
48	11,000	1	,708	,036	47	114
49	12,000	1	.	.	48	113
50	12,000	1	.	.	49	112
51	12,000	1	.	.	50	111
52	12,000	1	.	.	51	110
53	12,000	1	,677	,037	52	109
54	13,000	1	,671	,037	53	108
55	13,000	0	.	.	53	107
56	14,000	1	,665	,037	54	106
57	15,000	1	.	.	55	105
58	15,000	1	.	.	56	104
59	15,000	1	.	.	57	103
60	15,000	1	,640	,038	58	102
61	16,000	1	.	.	59	101
62	16,000	1	.	.	60	100
63	16,000	1	.	.	61	99
64	16,000	1	,615	,038	62	98
65	18,000	1	.	.	63	97
66	18,000	1	.	.	64	96
67	18,000	1	,596	,039	65	95
68	19,000	1	.	.	66	94
69	19,000	1	.	.	67	93
70	19,000	1	,577	,039	68	92
71	19,000	0	.	.	68	91
72	20,000	1	.	.	69	90
73	20,000	1	.	.	70	89
74	20,000	1	.	.	71	88
75	20,000	1	,552	,039	72	87
76	21,000	1	.	.	73	86

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
77	21,000	1	.	.	74	85
78	21,000	1	,533	,039	75	84
79	22,000	1	,526	,039	76	83
80	22,000	0	.	.	76	82
81	23,000	1	.	.	77	81
82	23,000	1	.	.	78	80
83	23,000	1	,507	,040	79	79
84	24,000	1	.	.	80	78
85	24,000	1	.	.	81	77
86	24,000	1	,488	,040	82	76
87	25,000	1	,481	,040	83	75
88	26,000	1	.	.	84	74
89	26,000	1	,469	,040	85	73
90	27,000	1	,462	,040	86	72
91	28,000	1	,456	,040	87	71
92	29,000	1	.	.	88	70
93	29,000	1	.	.	89	69
94	29,000	1	,437	,039	90	68
95	30,000	1	.	.	91	67
96	30,000	1	.	.	92	66
97	30,000	1	,417	,039	93	65
98	31,000	1	,411	,039	94	64
99	32,000	1	.	.	95	63
100	32,000	1	,398	,039	96	62
101	33,000	1	,392	,039	97	61
102	34,000	1	.	.	98	60
103	34,000	1	,379	,039	99	59
104	35,000	0	.	.	99	58
105	36,000	1	.	.	100	57
106	36,000	1	,366	,038	101	56
107	37,000	1	.	.	102	55
108	37,000	1	,353	,038	103	54
109	38,000	1	.	.	104	53
110	38,000	1	,340	,038	105	52
111	39,000	1	.	.	106	51
112	39,000	1	,326	,037	107	50
113	40,000	1	.	.	108	49
114	40,000	1	,313	,037	109	48
115	41,000	1	.	.	110	47
116	41,000	1	,300	,037	111	46
117	42,000	1	.	.	112	45
118	42,000	1	,287	,036	113	44

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
119	44,000	1	.	.	114	43
120	44,000	1	,274	,036	115	42
121	44,000	0	.	.	115	41
122	45,000	1	.	.	116	40
123	45,000	1	,261	,035	117	39
124	46,000	1	.	.	118	38
125	46,000	1	.	.	119	37
126	46,000	1	.	.	120	36
127	46,000	1	,234	,034	121	35
128	47,000	1	,227	,034	122	34
129	48,000	1	,221	,033	123	33
130	50,000	1	,214	,033	124	32
131	51,000	1	,207	,033	125	31
132	52,000	1	,201	,032	126	30
133	55,000	1	,194	,032	127	29
134	58,000	1	.	.	128	28
135	58,000	1	,181	,031	129	27
136	59,000	1	,174	,031	130	26
137	60,000	1	.	.	131	25
138	60,000	1	,161	,030	132	24
139	64,000	1	.	.	133	23
140	64,000	1	,147	,029	134	22
141	66,000	1	,140	,028	135	21
142	67,000	1	,134	,028	136	20
143	69,000	1	,127	,027	137	19
144	74,000	1	,120	,026	138	18
145	76,000	1	,114	,026	139	17
146	81,000	1	,107	,025	140	16
147	87,000	1	,100	,024	141	15
148	88,000	1	,094	,024	142	14
149	90,000	1	,087	,023	143	13
150	96,000	1	,080	,022	144	12
151	101,000	1	,074	,021	145	11
152	102,000	1	,067	,020	146	10
153	104,000	1	,060	,019	147	9
154	105,000	1	,054	,018	148	8
155	107,000	1	,047	,017	149	7
156	109,000	1	,040	,016	150	6
157	121,000	1	,033	,015	151	5
158	150,000	1	,027	,013	152	4
159	181,000	1	,020	,011	153	3
160	184,000	1	,013	,009	154	2

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time			
	Time	Status	Estimate	Std. Error	N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
161	200,000	1	,007	,007	155	1
162	258,000	1	,000	,000	156	0

Means and Medians for Survival Time

Mean ^a				Median	
95% Confidence Interval					
Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Std. Error
36,334	3,284	29,897	42,770	24,000	3,092

a. Estimation is limited to the largest survival time if it is censored.

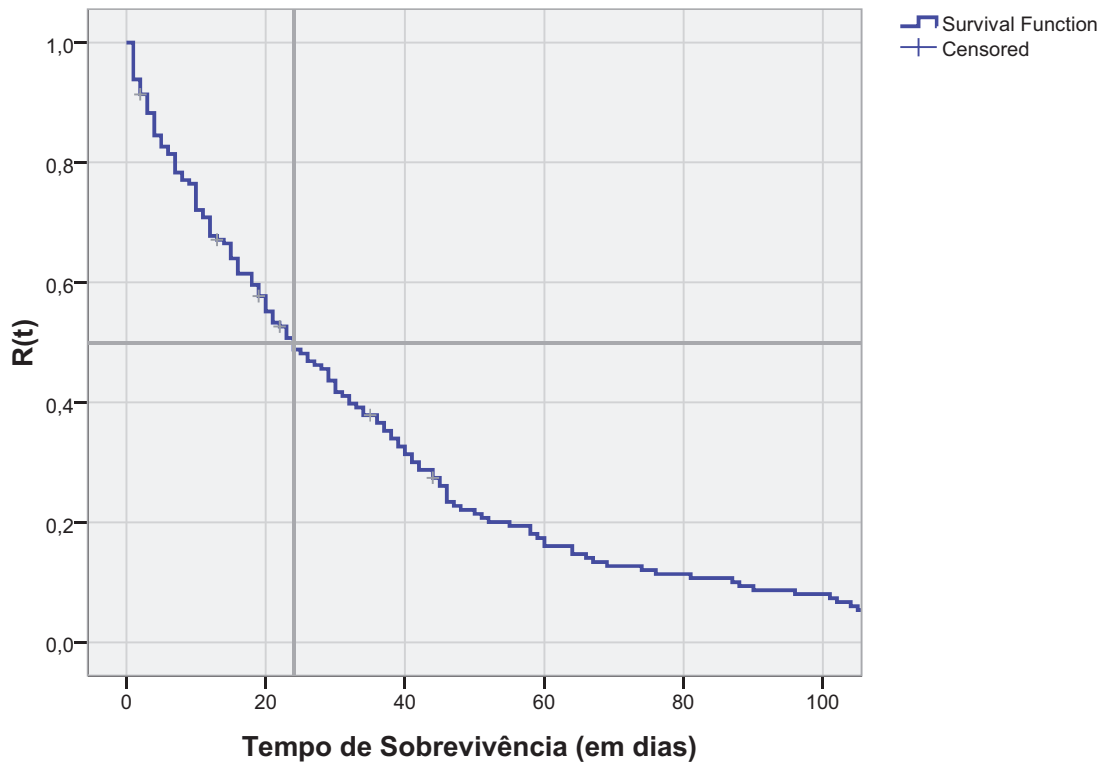
Means and Medians for Survival Time

Median	
95% Confidence Interval	
Lower Bound	Upper Bound
17,939	30,061

Percentiles

25,0%		50,0%		75,0%	
Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error
46,000	4,478	24,000	3,092	10,000	1,550

Função de Sobrevivência



Kaplan-Meier - Comparação de funções de fiabilidade

Case Processing Summary

Grupo			Censored	
	Total N	N of Events	N	Percent
ATA 21	26	25	1	3,8%
ATA 23	32	31	1	3,1%
ATA 25	23	22	1	4,3%
ATA 28	24	23	1	4,2%
ATA 32	30	29	1	3,3%
ATA 38	27	26	1	3,7%
Overall	162	156	6	3,7%

Survival Table

Grupo			Cumulative Proportion Surviving at the Time	
	Time	Status	Estimate	Std. Error
ATA 21	1	1,000	1	.
	2	1,000	1	,923 ,052

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
ATA 21	1	1	25
	2	2	24

Survival Table

			Cumulative Proportion Surviving at the Time	
			Estimate	Std. Error
Grupo				
ATA 21	3	2,000	1	.
	4	2,000	1	,846
	5	3,000	1	.
	6	3,000	1	,769
	7	7,000	1	,731
	8	10,000	1	.
	9	10,000	1	,654
	10	12,000	1	,615
	11	13,000	1	,577
	12	19,000	1	,538
	13	30,000	1	,500
	14	31,000	1	,462
	15	32,000	1	,423
	16	40,000	1	,385
	17	42,000	1	,346
	18	44,000	0	.
	19	45,000	1	,303
	20	51,000	1	,260
	21	66,000	1	,216
	22	74,000	1	,173
	23	87,000	1	,130
	24	101,000	1	,087
	25	107,000	1	,043
	26	109,000	1	,000

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
ATA 21	3	3	23
	4	4	22
	5	5	21
	6	6	20
	7	7	19
	8	8	18
	9	9	17
	10	10	16
	11	11	15
	12	12	14
	13	13	13
	14	14	12
	15	15	11
	16	16	10
	17	17	9
	18	17	8
	19	18	7
	20	19	6
	21	20	5
	22	21	4
	23	22	3
	24	23	2
	25	24	1
	26	25	0

Survival Table

Grupo		Cumulative Proportion Surviving at the Time			
		Time	Status	Estimate	Std. Error
ATA 23	1	3,000	1	,969	,031
	2	5,000	1	.	.
	3	5,000	1	.	.
	4	5,000	1	,875	,058
	5	6,000	1	,844	,064
	6	10,000	1	,813	,069
	7	11,000	1	,781	,073
	8	13,000	0	.	.
	9	15,000	1	,749	,077
	10	16,000	1	.	.
	11	16,000	1	,684	,083
	12	18,000	1	.	.
	13	18,000	1	.	.
	14	18,000	1	,586	,088
	15	19,000	1	,553	,089
	16	20,000	1	,521	,090
	17	22,000	1	,488	,090
	18	23,000	1	.	.
	19	23,000	1	,423	,089
	20	26,000	1	,391	,088
	21	27,000	1	,358	,086
	22	29,000	1	.	.
	23	29,000	1	,293	,082
	24	30,000	1	,260	,079
	25	33,000	1	,228	,076
	26	44,000	1	,195	,071
	27	46,000	1	,163	,067
	28	55,000	1	,130	,061
	29	60,000	1	,098	,054
	30	90,000	1	,065	,044
	31	102,000	1	,033	,032
	32	105,000	1	,000	,000

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
ATA 23	1	1	31
	2	2	30
	3	3	29
	4	4	28
	5	5	27
	6	6	26
	7	7	25
	8	7	24
	9	8	23
	10	9	22
	11	10	21
	12	11	20
	13	12	19
	14	13	18
	15	14	17
	16	15	16
	17	16	15
	18	17	14
	19	18	13
	20	19	12
	21	20	11
	22	21	10
	23	22	9
	24	23	8
	25	24	7
	26	25	6
	27	26	5
	28	27	4
	29	28	3
	30	29	2
	31	30	1
	32	31	0

Survival Table

Grupo	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time	
			Estimate	Std. Error
ATA 25	1	1	.	.
	2	1	.	.
	3	1	,870	,070
	4	1	,826	,079
	5	0	.	.
	6	1	.	.
	7	1	,734	,093
	8	1	,688	,098
	9	1	,643	,102
	10	1	,597	,104
	11	1	,551	,106
	12	1	,505	,107
	13	1	,459	,106
	14	1	,413	,105
	15	1	,367	,103
	16	1	,321	,100
	17	1	,275	,095
	18	1	,229	,090
	19	1	,184	,083
	20	1	,138	,074
	21	1	,092	,062
	22	1	,046	,045
	23	1	,000	,000

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
ATA 25	1	1	22
	2	2	21
	3	3	20
	4	4	19
	5	4	18
	6	5	17
	7	6	16
	8	7	15
	9	8	14
	10	9	13
	11	10	12
	12	11	11
	13	12	10
	14	13	9
	15	14	8
	16	15	7
	17	16	6
	18	17	5
	19	18	4
	20	19	3
	21	20	2
	22	21	1
	23	22	0

Survival Table

Grupo		Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time	
				Estimate	Std. Error
ATA 28	1	1,000	1	,958	,041
	2	2,000	1	,917	,056
	3	4,000	1	.	.
	4	4,000	1	,833	,076
	5	11,000	1	,792	,083
	6	15,000	1	,750	,088
	7	16,000	1	,708	,093
	8	20,000	1	,667	,096
	9	21,000	1	,625	,099
	10	22,000	0	.	.
	11	32,000	1	,580	,101
	12	34,000	1	.	.
	13	34,000	1	,491	,104
	14	38,000	1	,446	,103
	15	39,000	1	.	.
	16	39,000	1	,357	,100
	17	40,000	1	,313	,097
	18	42,000	1	,268	,093
	19	47,000	1	,223	,087
	20	59,000	1	,179	,081
	21	69,000	1	,134	,072
	22	81,000	1	,089	,060
	23	88,000	1	,045	,044
	24	184,000	1	,000	,000

Survival Table

		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
Grupo			
ATA 28	1	1	23
	2	2	22
	3	3	21
	4	4	20
	5	5	19
	6	6	18
	7	7	17
	8	8	16
	9	9	15
	10	9	14
	11	10	13
	12	11	12
	13	12	11
	14	13	10
	15	14	9
	16	15	8
	17	16	7
	18	17	6
	19	18	5
	20	19	4
	21	20	3
	22	21	2
	23	22	1
	24	23	0

Survival Table

Grupo	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time	
			Estimate	Std. Error
ATA 32	1	1	.	.
	2	1	.	.
	3	1	,900	,055
	4	1	,867	,062
	5	1	,833	,068
	6	1	.	.
	7	1	.	.
	8	1	,733	,081
	9	1	,700	,084
	10	1	,667	,086
	11	1	.	.
	12	1	,600	,089
	13	1	,567	,090
	14	1	,533	,091
	15	0	.	.
	16	1	,498	,092
	17	1	.	.
	18	1	,427	,091
	19	1	,391	,090
	20	1	,356	,089
	21	1	,320	,087
	22	1	,284	,084
	23	1	,249	,081
	24	1	,213	,077
	25	1	,178	,072
	26	1	,142	,066
	27	1	,107	,058
	28	1	,071	,048
	29	1	,036	,035
	30	1	,000	,000

Survival Table

Grupo			
		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
ATA 32	1	1	29
	2	2	28
	3	3	27
	4	4	26
	5	5	25
	6	6	24
	7	7	23
	8	8	22
	9	9	21
	10	10	20
	11	11	19
	12	12	18
	13	13	17
	14	14	16
	15	14	15
	16	15	14
	17	16	13
	18	17	12
	19	18	11
	20	19	10
	21	20	9
	22	21	8
	23	22	7
	24	23	6
	25	24	5
	26	25	4
	27	26	3
	28	27	2
	29	28	1
	30	29	0

Survival Table

Grupo	Time	Status	Cumulative Proportion Surviving at the Time	
			Estimate	Std. Error
ATA 38	1	1	,963	,036
	2	1	.	.
	3	1	,889	,060
	4	1	,852	,068
	5	1	,815	,075
	6	1	,778	,080
	7	1	,741	,084
	8	1	.	.
	9	1	,667	,091
	10	1	.	.
	11	1	,593	,095
	12	1	,556	,096
	13	1	,519	,096
	14	1	,481	,096
	15	1	,444	,096
	16	0	.	.
	17	1	,404	,095
	18	1	,364	,094
	19	1	,323	,092
	20	1	,283	,089
	21	1	,242	,085
	22	1	,202	,080
	23	1	,162	,073
	24	1	,121	,065
	25	1	,081	,055
	26	1	,040	,039
	27	1	,000	,000

Survival Table

Grupo			
		N of Cumulative Events	N of Remaining Cases
ATA 38	1	1	26
	2	2	25
	3	3	24
	4	4	23
	5	5	22
	6	6	21
	7	7	20
	8	8	19
	9	9	18
	10	10	17
	11	11	16
	12	12	15
	13	13	14
	14	14	13
	15	15	12
	16	15	11
	17	16	10
	18	17	9
	19	18	8
	20	19	7
	21	20	6
	22	21	5
	23	22	4
	24	23	3
	25	24	2
	26	25	1
	27	26	0

Means and Medians for Survival Time

Grupo	Mean ^a				Median	
			95% Confidence Interval			
	Estimate	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Std. Error
ATA 21	37,615	7,188	23,527	51,703	30,000	12,110
ATA 23	30,182	4,845	20,686	39,679	22,000	2,756
ATA 25	43,128	12,205	19,206	67,050	26,000	13,119
ATA 28	40,792	8,298	24,527	57,056	34,000	4,640
ATA 32	32,633	7,932	17,087	48,180	20,000	5,894
ATA 38	36,057	8,470	19,457	52,658	25,000	6,923
Overall	36,334	3,284	29,897	42,770	24,000	3,092

a. Estimation is limited to the largest survival time if it is censored.

Means and Medians for Survival Time

Grupo	Median	
	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
ATA 21	6,264	53,736
ATA 23	16,599	27,401
ATA 25	,287	51,713
ATA 28	24,906	43,094
ATA 32	8,447	31,553
ATA 38	11,430	38,570
Overall	17,939	30,061

Percentiles

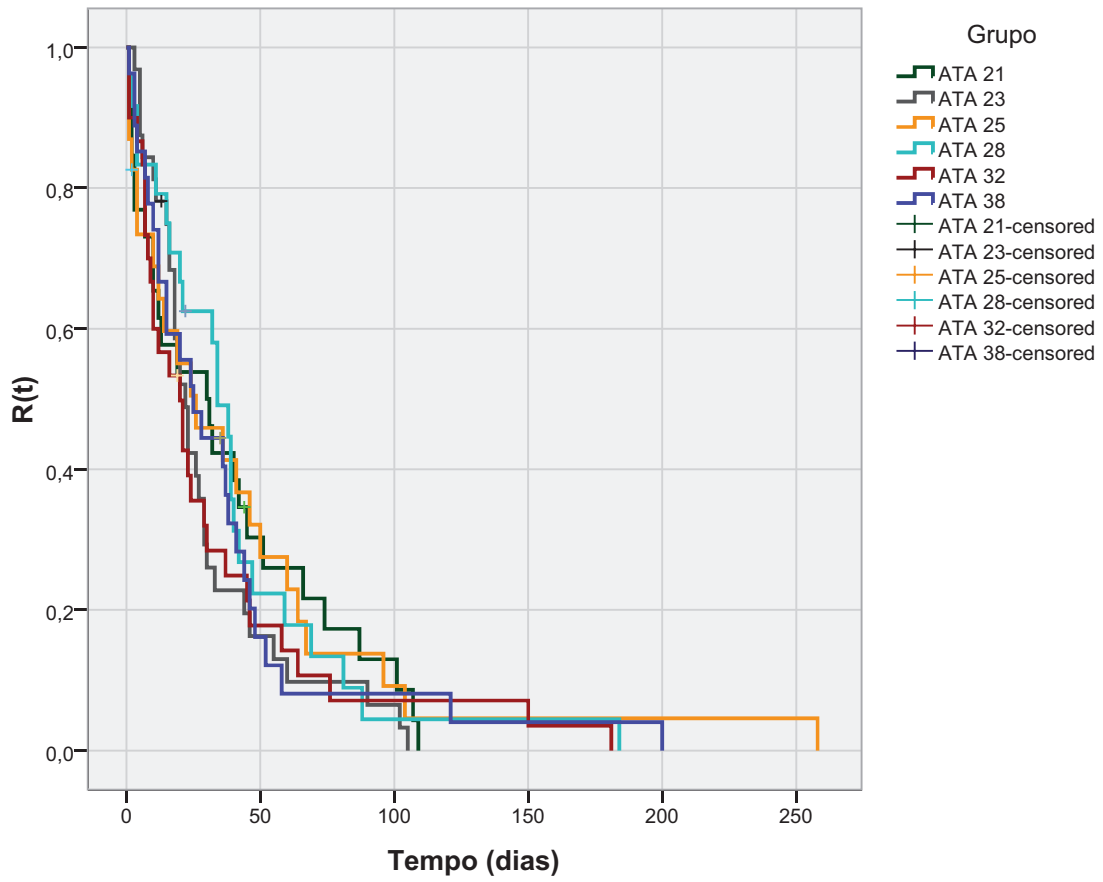
Grupo	25,0%		50,0%		75,0%	
	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error	Estimate	Std. Error
ATA 21	66,000	18,572	30,000	12,110	7,000	3,619
ATA 23	33,000	7,891	22,000	2,756	15,000	3,581
ATA 25	60,000	11,757	26,000	13,119	4,000	5,413
ATA 28	47,000	12,410	34,000	4,640	15,000	8,485
ATA 32	37,000	9,656	20,000	5,894	7,000	1,211
ATA 38	44,000	5,240	25,000	6,923	10,000	2,846
Overall	46,000	4,478	24,000	3,092	10,000	1,550

Overall Comparisons

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	2,125	5	,832

Test of equality of survival distributions for the different levels of Grupo.

Comparação de Funções de Fiabilidade



GET

FILE='C:\Documents and Settings\Joana Bicho\Ambiente de trabalho\Tese\TESE\PRÁTICA\TRATAMENTO_DADOS\ATA\Kaplen-Meier_ATA.sav' .