



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

Implementação de um Programa de Fiabilidade para uma frota de helicópteros Kamov Ka-32A11BC

Rui Miguel Bidabadi e Menezes Carneiro de Barros

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

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Lourenço da Saúde

Covilhã, Fevereiro de 2017

Agradecimentos

A todos, especialmente aos que fizeram ver que eu consigo sozinho.

Aos meus Pais, que tanto me ajudaram por não me deixarem desistir.

Resumo

Este trabalho teve por objetivo o estudo para a implementação de um Programa de Fiabilidade de acordo com o enquadramento legal providenciado pela Autoridade Nacional de Aviação Civil e de acordo com as expectativas por parte de uma empresa de aviação executiva - Everjets.

Para tal, utilizou-se como fonte de informação a frota de helicópteros Kamov Ka-32A11BC para a qual foi desenvolvida uma metodologia que providencia o reporte, análise e o controlo dos elementos de fiabilidade. Os resultados desta dissertação propõem uma implementação de forma a identificar os problemas afetos à frota da Everjets, permitindo melhorar os seus índices de fiabilidade através de uma análise continuada.

Palavras-chave

Programa de Fiabilidade, Helicópteros, Aeronavegabilidade, Kamov

Abstract

This dissertation is motivated by Everjet's - executive aviation business ambition to conceive a Reliability Program Kamov Ka-32A11BC helicopter' fleet. This program was developed within the bounds of the Portuguese Civil Aviation Authority and Everjets expectancies and operational limitations.

To fulfil these requirements, this study developed a methodology that is settled upon the bases of data collection, processing and analysis. The implementation of this procedure allowed to identify operational problems and to further improve reliability throughout its continuous analysis.

Keywords

Reliability Program, Helicopter, Airworthiness, Kamov

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas e Acrónimos	xv
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Limites.....	2
1.3 Objetivo	2
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Estrutura	3
Capítulo 2 Caracterização da Everjets	5
2.1 Introdução à empresa	5
2.2 Frota em análise	6
Capítulo 3 Estado da Arte.....	9
3.1 Conceitos gerais de fiabilidade	9
3.1.1 Função fiabilidade.....	9
3.1.2 Tipos de fiabilidade no domínio aeronáutico	13
3.2 Princípios básicos de um Programa de Fiabilidade.....	15
3.2.1 Legislação.....	15
3.2.2 Captura de dados	17
3.2.3 Detecção e alerta de problemas.....	21
3.3 Fiabilidade centrada na manutenção	22
Capítulo 4 Metodologia de Otimização do PF	25
4.1 Reporte de ocorrências	28
4.2 Análise e decisão.....	33
4.3 Registo e controlo de falhas.....	33

Capítulo 5	Caso prático e discussão	39
5.1	Ilustração de resultados	40
5.1.1	Horas de operação e ciclos	40
5.1.2	Contabilização de ocorrências por mês, PIREP/MAREP e capítulo ATA	41
5.1.3	Ocorrências por hora de voo	42
5.1.4	Análise global de queixas por ATA	44
5.1.5	Nível de alerta e taxa de queixas PIREP & MAREP por 100 ciclos	46
5.1.6	Taxa de falha e fiabilidade, MTBF e MTBUR – análise mensal	48
5.1.7	Taxa de falha e fiabilidade, MTBF e MTBUR – análise acumulada	51
5.1.8	Rácio IFSD	55
5.2	Relatório de fiabilidade	56
Capítulo 6	Conclusão e Recomendações	59
6.1	Conclusões	59
6.2	Sugestões e Recomendações para Trabalhos futuros	60
Bibliografia		61
Anexos		62
Anexo 1	CTI 15-01	62
Anexo 2	CTI 10-03	65
Anexo 3	Ka-32A11BC Rotorcraft Flight Manual	75
Anexo 4	Capítulos ATA Spec 2200	85

Lista de Figuras

Figura 1 - Embraer Phenom 300 no hangar da Everjets - Aeroporto do Porto	5
Figura 2 - Organograma Everjets (adaptado)	6
Figura 3 - Helicópteros Kamov Ka-32A11BC.....	7
Figura 4 - Curva da banheira adaptado de (Lafraia, 2001)	12
Figura 5 - Objetivos e procedimento implementado pela CTI 10-03	17
Figura 6 - Diagrama sobre as fontes de influência e informação do PF.....	26
Figura 7 - Preenchimento e processamento digital dos dados de voo.....	29
Figura 8 - Reporte de ocorrências, parte 1	29
Figura 9 - Reporte de ocorrências, parte 2	31
Figura 10 - Reporte de ocorrências, parte 3	32
Figura 11 - Utilização do mesmo PN na frota (TAP, 2005)	37
Figura 12 - Gráfico Horas Voo / Ciclos.....	40
Figura 13 - Representação gráfica de ocorrências por capítulo ATA	42
Figura 14 - Gráfico Ocorrências / Horas de Voo.....	43
Figura 15 - Ocorrências / ATA / Semestre	44
Figura 16 - Kamov Ka-32 com bambi bucket	45
Figura 17 - Gráfico Taxa de Queiras PIREP para ATA 25	47
Figura 18 - Gráfico Taxa de Queiras MAREP para ATA 25	48
Figura 19 - Taxa de Falha (λ) e Fiabilidade $R(\Delta t)$ em 2014	50
Figura 20 - MTBF e MTBUR em 2014.....	51
Figura 21 - Evolução da taxa de falha – análise acumulada	51
Figura 22 - Evolução da Fiabilidade – análise acumulada	52
Figura 23 - Evolução MTBF – análise acumulada.....	53
Figura 24 - Evolução MTBUR – análise acumulada.....	53
Figura 25 - Análise de Fiabilidade mensal vs acumulada.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais características operacionais do helicóptero Kamov KA-32A11BC ...	8
Tabela 2 - Custos de manutenção	24
Tabela 3 - Fases da metodologia implantada	26
Tabela 4 - Frota em análise	34
Tabela 5 - Origem ocorrência	34
Tabela 6 - Identificação do componente	35
Tabela 7 - Ação corretiva	35
Tabela 8 - Fiabilidade por PN	36
Tabela 9 - Dados FH e FC	40
Tabela 10 - Registo de ocorrências PIREP e MAREP / Mês / ATA.....	41
Tabela 11 - Contabilização ocorrências PIREP e MAREP / Mês / ATA.....	42
Tabela 12 - Taxa de queixas para média móvel a 3 meses	46
Tabela 13 - Ocorrências por Mês para 2014.....	49
Tabela 14 - Fiabilidade Frota Ano 2014	49
Tabela 15 - In Flight Shutdown Ratio	55
Tabela 16 - Tabela geral de dados de fiabilidade.....	57

Lista de Siglas e Acrónimos

A4A	<i>Airlines for America</i>
AA	Autoridade Aeronáutica
AAN	Autoridade Aeronáutica Nacional
AD	<i>Airworthiness Directive</i>
AMC	Acceptable Means of Compliance
AMM	<i>Aircraft Maintenance Manual</i>
ANAC	Autoridade Nacional de Aviação Civil
APU	<i>Auxiliar Power Unit</i>
ATA	<i>Air Transport Association</i>
BTRC	<i>Bathtub Reliability Curve</i>
CAMO	<i>Continuing Airworthiness Management Organization</i>
CDM	Custos Diretos de Manutenção
CIM	Custos Indiretos de Manutenção
CM	<i>Condition-Monitoring</i>
COA	Certificado de Operador Aéreo
CTI	Circular Técnica Informativa
DECIF	Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais
EASA	<i>European Aviation Safety Agency</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FC	<i>Flight Cycles</i>
FDP	Função Densidade de Probabilidade
FF	<i>Fire Fighting</i>
FH	<i>Flight Hours</i>
HTL	<i>Helicopter Technical Log Book</i>
IFSD	<i>In-Flight Shutdown</i>
MAREP	<i>Maintenance Report</i>
MEDIVAL	<i>Medical Evacuation</i>

MEL	<i>Minimum Equipment List</i>
MGCA	Manual de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade
MPD	<i>Maintenance Planning Document</i>
MSG	<i>Maintenance Steering Group</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTBUR	<i>Mean Time Between Unscheduled Removals</i>
MTOW	<i>Maximum Takeoff Weight</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>
OC	<i>On Condition</i>
OEW	<i>Operating Empty Weight</i>
OT	Ordens de Trabalho
P/N	<i>Part Number</i>
PF	Programa de Fiabilidade
PIREP	<i>Pilot Report</i>
PMA	Programa de Manutenção da Aeronave
PMD	Peso Máximo à Descolagem
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
RH	Registo Histórico
RIG	<i>Reliability Interest Group</i>
S/N	<i>Serial Number</i>
SAR	<i>Search and Rescue</i>
SB	<i>Service Bulletin</i>
TC	<i>Total Cycles</i>
TMA	Técnicos de Manutenção de Aeronaves
TSN	<i>Time Since New</i>
UCL	<i>Upper Control Limit</i>
WO	<i>Work Orders</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Um Programa de Fiabilidade (PF) de aeronaves incorpora um sistema de análise, reporte e monitorização estatística que relaciona dados e eventos de uma aeronave durante a operação na sua frota confrontando com a eficiência do Programa de Manutenção estabelecido.

A necessidade de implementação do programa de fiabilidade advém não só do cumprimento da regulamentação imposta para os operadores aeronáuticos, mas também na ambição em alcançar uma manutenção ótima, tão eficiente quanto possível, isto é, somente programada não estando baseada em falhas. É dado como certo que as atividades, produtos e serviços que advém do estudo contínuo de fiabilidade ajudam os operadores a reduzir os custos operacionais bem como o aumento da eficiência na área da manutenção (Airbus, 2006).

De acordo com os estudos efetuados até agora, a eficiência de um Programa de Fiabilidade apenas se tem vindo a comprovar para grandes frotas. De acordo com (Željko et al., 2007), este facto é evidente, pois pequenas frotas representam uma pequena amostra estatística que, de acordo com a escassez de informação recolhida, produzem resultados estatísticos pouco significantes ou precisos.

Atualmente, com a crescente exigência de rigor no sector aeronáutico, estão disponíveis dados técnicos por parte de operadores e fabricantes de estruturas, motores e componentes que facilmente podem ser utilizados para estudos de fiabilidade. Todos os dias e de forma específica, cada empresa pode coletar e analisar milhares de dados referentes às suas aeronaves, componentes, operações e manutenções que intrinsecamente poderão permitir alcançar melhores padrões de fiabilidade. Essa especificidade de cada empresa apesar de benéfica para o seu *modus operandi* não se apresenta enquadrada com as restantes realidades verificadas noutras companhias.

Desta forma se explica a maior virtude do estudo da fiabilidade, mas também o seu maior defeito: a uniformidade e a partilha dos dados entre empresas de frotas afins, mas também a intransigência na confiabilidade dos dados.

O trabalho desenvolvido pela *Airlines for America* (A4A) anteriormente conhecido por *Air Transport Association* (ATA) através da implementação de registos num formato padronizado tal como referido no capítulo 11 do sistema 'Spec 2000 *Reliability Data Collection/Exchange*' em que permite que as companhias e a indústria colecionem, meçam e

partilhem esta informação num formato consistente, permitindo ambicionar uma maior eficiência operacional reduzindo custos e erros. Este é apenas mais um método que tenta aproximar os operadores, normalmente através da criação de alianças entre estes.

Um método que, de acordo com Dennehy (2015), procura desenvolver um conjunto de regras e parâmetros pré-definidos bem como a partilha de dados de performance entre parceiros na indústria aeronáutica. Esta deverá ser a base comum de trabalho para os estudos de fiabilidade na aeronáutica.

De acordo com a Airbus, a existência de um programa de fiabilidade deve-se a cinco razões distintas: cumprimento da regulamentação; monitorização do programa de manutenção; elementos para um sistema de qualidade; alcançar objetivos a nível empresarial e melhor controlar a relação custo-benefício (AIRBUS, 2015).

1.2 Limites

O estudo efetuado neste trabalho está limitado à:

- Operação de 3 helicópteros considerada entre janeiro 2014 e junho 2015;
- Seleção de componentes e sistemas, de acordo com as orientações do operador;
- Operação de Busca e Salvamento e Combate a Incêndios.

Os sistemas não serão identificados com a nomenclatura original, sendo referenciados de acordo com o sistema ATA iSpec 2200 (Air Transport Association, 2014) (sistema conhecido por ATA 100 na linguagem corrente). No que diz respeito ao relatório proveniente do programa de fiabilidade, no âmbito desta dissertação será apresentada uma versão com conteúdo adaptado de acordo com as exigências de confidencialidade da empresa.

O conteúdo apresentado na metodologia serve como referência de implementação de um programa de fiabilidade aplicado a uma frota de helicópteros. Este espelha o ponto de vista desta dissertação, enquadrado com a legislação portuguesa à altura da escrita e não deverá ser utilizado exclusivamente como referência técnica.

As dificuldades com as quais se foi deparando serviram não só para compreender os limites do trabalho, mas também para compreender onde poderá melhorar aquilo que tem sido feito até agora.

1.3 Objetivo

Efetuar um estudo com natureza preliminar de modo a implementar um Programa de Fiabilidade abrangendo a frota de helicópteros Kamov Ka-32A11BC operados pela Everjets, habilitando a criar condições que possibilitem o cumprimento de compromissos com a

Autoridade Nacional de Aviação Civil ao mesmo tempo que permite melhorar o processo de gestão dos referidos meios aeronáuticos.

1.4 Metodologia

Em consonância com o que tem sido desenvolvido na área da engenharia de fiabilidade e através das necessidades expressas pela *Everjets* para a implementação de um PF para a sua frota, esta dissertação desenvolveu a seguinte metodologia:

- Criar a base conceptual para a implementação do PF;
- Identificação da legislação afeta a este tipo de estudo;
- Criação de uma base de dados para controlo dos dados afetos ao estudo da fiabilidade.
- Caracterização dos componentes e sistemas passíveis de serem estudados pelo PF.
- Fornecimento de dados para justificar o ajustamento dos intervalos de manutenção ou procedimentos do programa de manutenção de forma a aumentar a segurança e prevenir as falhas.

1.5 Estrutura

Os conteúdos presentes neste trabalho estão divididos em 6 capítulos que apresentam a melhor forma para alcançar os objetivos propostos.

No presente capítulo, procura-se definir os objetivos e limitações deste estudo enquadrados com o que tem vindo a ser feito com a fiabilidade na engenharia aeronáutica. Para tal, é ainda fornecida a metodologia e a estrutura de forma a facilitar a orientação pelo trabalho.

A caracterização da empresa e da frota em análise para o presente estudo compõem o segundo capítulo, ao passo que no terceiro capítulo, de forma a dominar os conceitos básicos de fiabilidade expostos em termos genéricos, encontramos uma abordagem teórica sintética e adequada a esta temática na aeronáutica.

O quarto capítulo descreve a otimização necessária para a criação e implementação de um Programa de Fiabilidade adequado às necessidades da empresa. A metodologia escolhida é então detalhada de forma a poder ser aplicada a qualquer frota de características semelhantes.

O quinto capítulo apresenta os principais resultados obtidos pelos processos estudados e desenvolvidos pela metodologia aplicada. São estabelecidas ainda várias considerações importantes para os resultados apresentados.

Por fim, no sexto capítulo são enunciadas as conclusões finais e algumas recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Caracterização da Everjets

2.1 Introdução à empresa

A *'Everjets - Aviação Executiva'* é uma empresa portuguesa de aviação executiva fundada em Dezembro de 2011 com a operação exclusiva a um helicóptero e avião executivos (Figura 1). Desde 2013 assegura toda a operação de helicópteros ligeiros de combate a incêndios integrado no Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais (DECIF) definido pelo Estado Português. Com base e sede no Aeroporto do Porto, em 2015 a *Everjets* iniciou-se na aviação comercial com voos regulares e não regulares de passageiros e carga para a Europa e África.



Figura 1 - Embraer Phenom 300 no hangar da *Everjets* - Aeroporto do Porto

Em maio de 2015, fruto da decisão de extinção da Empresa de Meios Aéreos (EMA), o Estado Português por via de concurso público contratou a *Everjets* para a gestão aeronavegabilidade e manutenção dos Helicópteros pesados multitarefa Kamov KA-32 fabricados em 2007.

A frota atual da *Everjets* é constituída por vinte e cinco helicópteros Airbus AS350, cinco helicópteros Kamov KA-32 que operam para o Estado Português, um helicóptero executivo Airbus AS365, um avião executivo Embraer Phenom300 e um avião Airbus A320.

Do ponto de vista de regulamentação, a *Everjets* é detentora de um Certificado de Operador Aéreo (COA) (Ref. PT.04/11), com aprovação Parte M (Ref. PT.MG.040), Subparte G, como Organização de gestão da continuidade da aeronavegabilidade, garantindo assim que o

departamento de aeronavegabilidade cumpre com os requisitos impostos pelo regulamento (UE) N° 1321/2014 (Comissão Europeia, 2014).

Adicionalmente, a *Everjets* detém aprovação Parte 145 (Ref. PT.145.031) para efetuar manutenção em parte da sua frota. As exigências a nível de manutenção para as suas aeronaves são asseguradas não só pela capacidade interna, mas também através de organizações externas aprovadas para satisfazer os requisitos da gestão da continuidade da aeronavegabilidade para as restantes aeronaves.

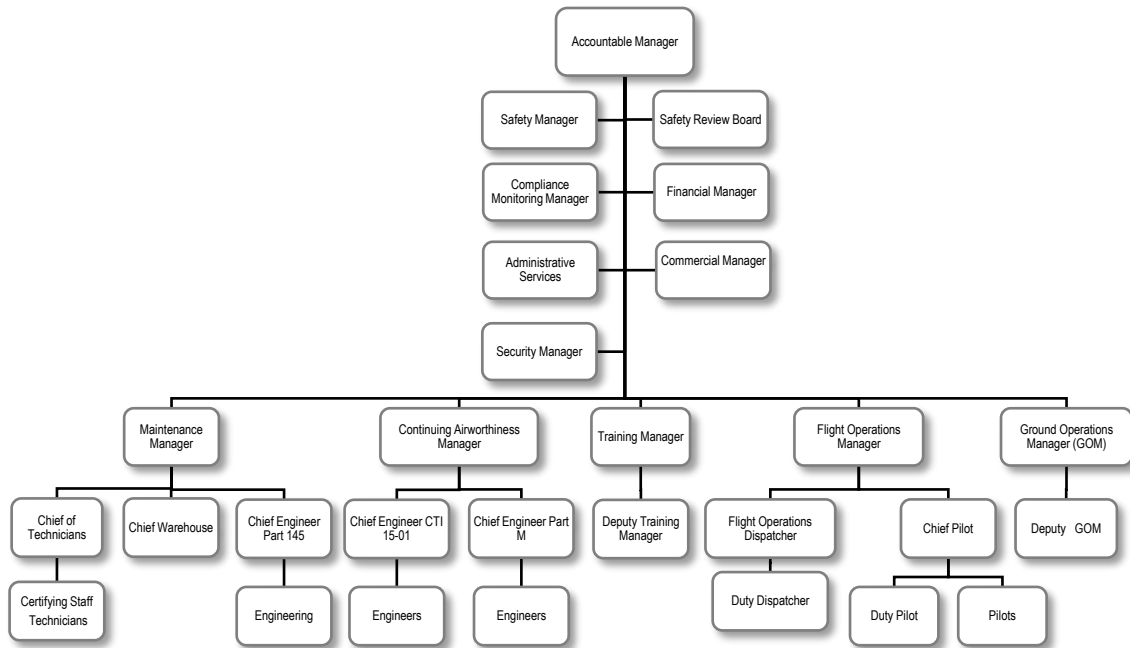


Figura 2 - Organograma Everjets (adaptado)

2.2 Frota em análise

De forma a distinguir a especial operação das aeronaves em estudo na presente dissertação das demais aeronaves, a ANAC emitiu a 24 de Abril de 2015 Circular Técnica Informativa (CTI) 15-01 de carácter vinculativo referente à aprovação de organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade de aeronaves classificadas como Aeronaves do Estado. Os helicópteros Kamov operados pela Everjets são classificados como Aeronaves do Estado, pois estão inscritas no Registo Aeronáutico Nacional, de acordo com o regulamento n.º 457/2012 emitido em Diário da República concebido inicialmente para a EMA, mais tarde responsabilizada à *Everjets*. Assim, a CTI 15-01 (presente no Anexo 1) apresenta-se como enquadramento legal para a gestão da aeronavegabilidade dos Kamov em Portugal (continental), razão pela qual é distinguida estruturalmente das demais aeronaves da frota da *Everjets* tal como se pode consultar no organograma da Figura 2.

As aeronaves analisadas neste estudo são três helicópteros de grande porte ‘Kamov Ka-32A11BC’ (Figura 3). A Kamov é um fabricante aeronáutico russo fundado por Nikolai Il'yich Kamov em 1929. Durante a Segunda Guerra Mundial, devido aos intensos avanços tecnológicos alcançados na época, a indústria da aeronáutica desenvolveu-se de acordo com as exigências da regulamentares da ex-URSS. Assim, a Kamov especializou-se em helicópteros em 1940 de acordo com as exigências da marinha, razão pela qual as suas aeronaves foram configuradas para operarem em missões no mar. A possibilidade de as pás dos rotores poderem ser dobradas (Figura 3) para amaragens mostrou-se essencial para o armazenamento e transporte dos helicópteros em navios da armada. (Shyyenko & Sousa, 2015)



Figura 3 - Helicópteros Kamov Ka-32A11BC

Sob esta base conceptual, em 1973 começou a ser desenvolvido o primeiro protótipo do KA-32 que entrou em produção em série em 1980. Devido às performances operacionais comprovados pelas autoridades, desde setembro de 2009 a aeronave adquiriu o certificado tipo EASA No. IM.R.133.

A implementação do Programa de Fiabilidade analisou o estudo efetuado com base na operação decorrida no ano de 2014 e 2015 durante as suas missões em território nacional. De acordo com (Shyyenko & Sousa, 2015), a Tabela 1 seguinte apresenta as principais características operacionais do helicóptero Kamov KA-32A11BC.

Tabela 1 - Principais características operacionais do helicóptero Kamov KA-32A11BC

JCA Kamov KA-32A11BC	
Sistema Propulsivo	2 x Rotor Co-axial TV3-117 VMA
Potência máxima descolagem	2 x 2200 cv
Temperatura Operacional (Máx/Min)	+ 45 °C / - 50 °C
Teto Máximo Operacional	5.000 m
Peso Vazio (OEW)	6.830 Kg
Peso Máximo Descolagem (MTOW)	12.700Kg
Tripulação	2 (Min)
Assentos	15 (Máx com tripulação)
Velocidade Máxima	260 km/h
Autonomia Máxima	650 km
Capacidade Máxima Combustível	2450 Lts
Sistemas de missão	Balde Carga Suspensa (Máx 4900Lts) (FF) Luz Busca (1600 W) (SAR) Guincho (Máx 272 kg) (SAR) Maca médica (MEDIVAL)
Ano fabrico	2007
Número de aeronaves para frota em análise	3 (CS-HAA CS-HBB CS-HCC)

Sendo um helicóptero multitarefa está certificado para fazer as missões de busca e salvamento ou *search and rescue* (SAR), transporte médico (MEDIVAL), vigilância e combate a incêndios ou *Fire Fighting* (FF).

Note-se que de forma a manter a confidencialidade dos dados foi escolhido representar as aeronaves por matrículas genéricas.

As suas características de operação encontram-se expostas no Anexo 3.

Capítulo 3

Estado da Arte

3.1 Conceitos gerais de fiabilidade

A fiabilidade é definida como a “*probabilidade de um dado item cumprir a função que lhe é destinada, operando sob condições e um intervalo de tempo previamente estabelecidos*” (Carinhas, 2006).

A fiabilidade também pode ser definida como a estabilidade de um sistema ou componente, sendo que este é considerado fiável se estiver a funcionar dentro dos parâmetros projetados inicialmente. Baseada nestas definições, a indústria da aviação comercial tem-se tornado cada vez mais exigente, pelo que os custos de manutenção e o controlo da operação são fatores chave para o sucesso de qualquer companhia aérea (Airbus, 2006). Assim se compreende a importância da análise dos componentes e sistemas das aeronaves utilizando conceitos de fiabilidade para que seja possível alcançar uma operação quase perfeita.

De acordo com a Honeywell, fabricante americano muito relevante na área de aviónicos e outros componentes aeronáuticos, define através do seu documento (n.d.) a falha como a incapacidade de um componente realizar a função intendida dentro dos limites operacionais especificados ou de satisfazer o critério de aceitação definido no manual de manutenção ou nos boletins de serviço (SB).

A repetição e a durabilidade são fatores importantes para medir a fiabilidade de um item numa perspetiva temporal. Adicionalmente, o conceito de falha como unidade de medida, permite distinguir a consistência entre itens no mesmo intervalo de tempo e operação.

3.1.1 Função fiabilidade

À fiabilidade ou probabilidade de sucesso está associada à possibilidade do componente ou equipamento avariar, ou seja, uma probabilidade de falha. Esta relação é de complementaridade (porque a condição de falha é complementada pela condição em operação de expectável) expressa matematicamente por:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (1)$$

sendo $R(t)$ a fiabilidade e o $F(t)$ a probabilidade de falha.

Assim, pela expressão anterior, qualquer falha ou avaria que ocorra pela ausência de função representa inaptidão ou falta de realização de uma determinada função previamente definida. De acordo com (Smith, 2011), também mencionado por (Santos, 2011), a falha ou avaria pode ter múltiplas origens: erro informático; erro humano ou de operação; degradação material ou técnica de funcionamento; fatores ambientais; falta de sistemas redundantes; não cumprimento das especificações do equipamento; deficiente definição de intervalos para realização de inspeções e deficiente definição de tolerâncias de combinações de componentes.

A abordagem da fiabilidade de um determinado item ou sistema, está associada a um intervalo de tempo de operação efetivo, que é habitualmente medido em horas de operação. Mas essa fiabilidade também pode ser abordada sob a forma de tempo-calendário (dias, meses ou até anos de operação), número de ciclos de operação ou mesmo distância percorrida.

Mas estas características também podem ser fornecidas ou exigidas pelo operador, que pode calcular ou exigir os seus próprios índices de fiabilidade, através da análise de padrões globais e de uma exigência crescente na aeronáutica. Esta fiabilidade designa-se de fiabilidade operacional ou em serviço, e é de grande importância prática porque a ela está associado um valor estatisticamente mais seguro.

Portanto o conceito de fiabilidade está associado ao conceito de operação sem falha, à ausência de avarias ou à disponibilidade funcional dos equipamentos (Carinhas, 2006). Na engenharia a fiabilidade é definida, segundo (Nowlan & Heap, 1978), como a probabilidade de um dado item cumprir a função que lhe é requerida, sem falha, durante um intervalo de tempo previamente especificado e em condições de operação previamente estabelecidas. Desta forma, sendo a fiabilidade uma probabilidade de sucesso $R(t)$, terá naturalmente uma probabilidade complementar definida como probabilidade de falha acumulada $F(t)$, conforme já expresso pela equação (1).

A expressão anterior inclui as condições limite: $R(0) = 1$ que significa que quando o componente ou equipamento é novo (início de operação) não apresenta falha; $R(\infty) = 0$, que significa que o componente ou equipamento não durará infinitamente.

Assim, e face ao supracitado, a fiabilidade é uma probabilidade definida pelo integral da equação (2):

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(x)dx \quad (2)$$

onde $f(x)$ é a função de densidade de probabilidade (FDP) de falha, sendo esta a taxa de componentes que falham por unidade de tempo (no instante t) em relação ao número de componentes inicial da amostra. Face às condições limite $R(0)$ e $R(\infty)$, a fiabilidade $R(t)$ é uma função contínua no tempo t com tendência decrescente a partir do instante de início de atividade.

Em termos práticos, a determinação da Fiabilidade associada a uma determinada amostra e a inerente caracterização de parâmetros de interesse sob ponto de vista da fiabilidade, é obtida através das seguintes considerações.

Designe-se por N_0 o número de itens componentes da amostra; $N_f(t)$ o nº de componentes que falham até ao instante t ; $N_s(t)$, o nº de componentes sobreviventes que operam sem falha, no instante t . Assim, de acordo com (Carinhas, 2006), as respetivas probabilidades de falha e fiabilidade serão dadas por:

$$F(t) = \frac{N_f(t)}{N_0} = \frac{N_f(t)}{N_f(t) + N_s(t)} \quad (3)$$

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N_0} = \frac{N_s(t)}{N_f(t) + N_s(t)} \quad (4)$$

A partir da relação de complementaridade entre probabilidade de falha acumulada e fiabilidade, obtém-se os valores previsionais do número médio de falhas e do número médio de componentes sobreviventes que ainda funcionam com o desempenho devido, através de:

$$N_f(t) = F(t) \times N_0 = [1 - R(t)] \times N_0 \quad (5)$$

$$N_s(t) = R(t) \times N_0 \quad (6)$$

Pela expressão (2) a função de fiabilidade $R(t)$ é definida a partir da função densidade de probabilidade (FDP) de falha, representando esta a taxa de componentes que falham por unidade de tempo $dN_f(t)/dt$ em relação ao número de componentes inicial da amostra N_0 . Logo, a FDP de falha é determinada pela seguinte expressão:

$$f(t) = \frac{1}{N_0} \times \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (7)$$

Designe-se por taxa de falhas no instante t , $\lambda(t)$, a taxa a que os componentes falham por unidade de tempo $dN_f(t)/dt$ em relação ao número de componentes que sobreviveram até t , $N_s(t)$. Assim, ter-se-á:

$$\lambda(t) = \frac{\frac{dN_f(t)}{dt}}{N_s(t)} = \frac{N_0 \times f(t)}{N_s(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (8)$$

Finalmente, através da diferenciação da expressão (1) da complementaridade entre fiabilidade e função probabilidade de falha acumulada, obtém-se:

$$\lambda(t)dt = \frac{f(t)dt}{R(t)} = \frac{dF(t)}{R(t)} = -\frac{dR(t)}{R(t)} \quad (9)$$

Por integração da expressão (9) e aplicando as condições limite da função Fiabilidade, temos que:

$$\int_0^t \lambda(t) dt = - \int_1^{R(t)} \frac{dR(t)}{R(t)} = -[\ln R(t)]_1^{R(t)} = -\ln R(t) \quad (10)$$

Isto é, a expressão geral de Fiabilidade no instante t será dada por:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (11)$$

Devido a análises e testes de fiabilidade e desempenho realizadas no passado, sabe-se que a vida operacional de um componente ou sistema é caracterizável, em função da sua taxa de falha $\lambda(t)$ ao longo do tempo, pela conhecida Curva da Banheira ou *Bathtub Reliability Curve* (BTRC)(Figura 4), com as zonas correspondentes a períodos de vida diferentes: mortalidade infantil (infância), período de vida útil (maturidade) e a fase de desgaste (fim de vida).

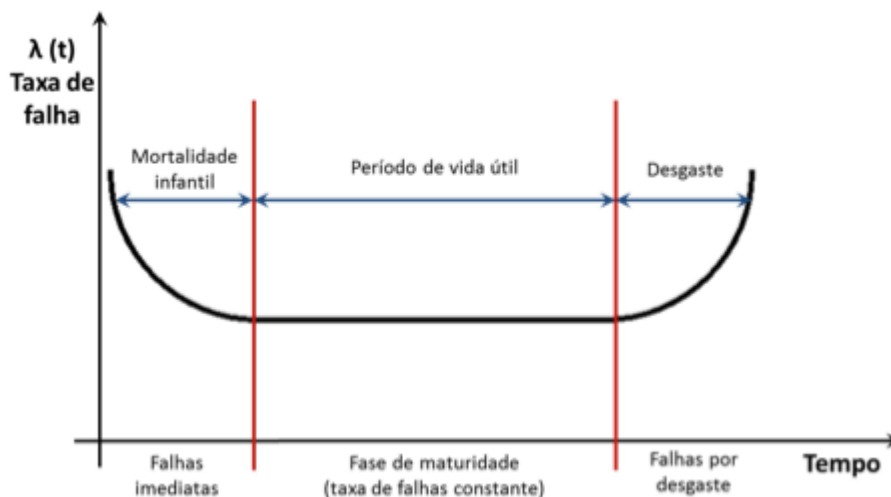


Figura 4 - Curva da banheira adaptado de (Lafraia, 2001)

É na fase de vida útil ou maturidade que a taxa de avarias $\lambda(t)$ tende a estabilizar, e à qual corresponde a grande parte da vida nominal dos componentes, assumindo um valor caracteristicamente constante λ (independente do tempo, durante a maturidade) graficamente equivalente ao fundo horizontal da banheira na BTRC.

De forma a melhorar o desempenho da fiabilidade normalmente ocorre uma substituição de unidades/peças/componentes em operação antes do fim da vida útil. Por tal, durante este período considerado, a taxa de avarias $\lambda(t)$ considera-se constante o que permite novas expressões de cálculo de FDP de falha $f(t)$ e de fiabilidade $R(t)$ sob a forma simplificada para a análise no decorrer da vida útil:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\lambda \int_0^t dt} = e^{-\lambda t} \quad (12)$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (13)$$

Outro parâmetro muito importante na compreensão do funcionamento de um determinado componente, a partir de uma avaliação das interrupções, falhas ou danos na sua operação, é o designado *Mean Time To Failure* (MTTF) que representa o tempo médio até se detetar uma falha num dado equipamento.

O valor médio da distribuição contínua da função densidade de probabilidade de falha $f(t)$, é expresso pela equação:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \times f(t) dt \quad (14)$$

Esta expressão teórica do valor medio referido admite a forma alternativa seguinte, obtida por integração por partes do integral já explicito na função Fiabilidade $R(t)$ através da equação de complementaridade equação (1), e aplicando as condições limites de $R(t)$:

$$\begin{aligned} MTTF &= \int_0^{\infty} t \times f(t) dt = \int_0^{\infty} t \times \frac{dF(t)}{dt} dt = - \int_0^{\infty} t \times \frac{dR(t)}{dt} dt = \\ &= - [t \times R(t)]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \end{aligned} \quad (15)$$

3.1.2 Tipos de fiabilidade no domínio aeronáutico

Apesar dos seus diversos significados, esta dissertação foca-se na importância da fiabilidade e na sua aplicação na aeronáutica a uma pequena frota de helicópteros. Para isso, é necessário começar por explanar os diversos tipos de fiabilidade existentes: fiabilidade estatística; fiabilidade histórica; fiabilidade orientada para o evento e fiabilidade de despacho.

A fiabilidade estatística é baseada na recolha e análise de eventos de falha, remoção e taxa de reparação de sistemas ou componentes. Os vários tipos de ações de manutenção serão denominados “eventos” e todos são contabilizados para um cálculo que caracterize cada componente/sistema. Os principais fatores nesta abordagem estatística utiliza variáveis como taxas de falha e taxas de alerta para analisar a fiabilidade dos componentes ou sistemas. Através dos resultados obtidos, este processo estatístico permite assim uma rápida análise numérica entre os itens analisados.

Alguns operadores aeronáuticos utilizam esta análise (estatística) com frequência; contudo, de acordo com a maioria dos estudos, os conjuntos de dados com menos 30 fontes iguais levam a cálculos estatísticos insignificantes (Kinnison & Sidiqui, 2004). Assim, considera-se que, por vezes, esta análise possa ser demasiado credibilizada pelas companhias aéreas levando a tomar decisões que se podem revelar precipitadas.

Na fiabilidade histórica efetua-se uma comparação das taxas de acontecimento atuais com as do passado. Através da comparação com dados anteriores, é possível saber se uma série de acontecimentos são considerados normais ou anómalos, algo que não seria possível através dos valores obtidos pela fiabilidade estatística.

Esta análise é conseguida através de, por exemplo, uma análise das mesmas variáveis para o mesmo equipamento, no mesmo intervalo de tempo, usando dados do ano anterior. Esta ferramenta revela ser uma importante referência na análise detalhada de cada item e por isso deve ser utilizada sempre que possível.

Contudo, pela simples observação destes dados, deve-se ter em atenção diferenças significativas nos mesmos componentes entre anos pelo que estas diferenças poderão indicar um possível problema. O objetivo de um programa de fiabilidade é detetar e subsequentemente corrigir um problema independentemente do que o protagoniza. Na fiabilidade histórica, quando são recolhidos dados suficientes para determinar a norma de um equipamento deve-se adiciona-la ao programa de fiabilidade estatística.

Outra utilidade da fiabilidade histórica é na introdução de um novo equipamento, pois não existe um registo histórico. Este tipo de fiabilidade pode também ser usado pelas companhias que pretendem estabelecer um programa estatístico.

A fiabilidade orientada para o evento está focada em eventos de ocorrência única - como por exemplo *bird strikes*, *overweight landings*, *hard landings* - e outros acidentes ou incidentes que não ocorrem diariamente na operação de uma aeronave. Embora estes aconteçam numa taxa relativamente esporádica, cada ocorrência deve ser investigada de forma a prevenir ou reduzir a probabilidade de recorrência do problema.

A fiabilidade de despacho ou *dispatch reliability* é avaliada pela efetividade global da operação no que diz respeito às partidas em horário previsto. Tem-se vindo a reparar que, devido a pressões impostas pelos consumidores e pelas autoridades, os operadores têm mostrado grande relevância neste tipo de fiabilidade pois este facilmente evidencia quantos voos descolam tendencialmente no horário previsto. A fiabilidade de despacho é calculada pelo rácio entre o número de voos cancelados ou atrasados por 100 voos operados, apresentando-se normalmente sob forma percentual.

No entanto o grande foco dado a esta análise pode-se revelar prejudicial do ponto de vista da gestão continuada da aeronavegabilidade, quando apenas se investigam as causas devidas aos cancelamentos e atrasos, normalmente relacionados com a manutenção (em detrimento de uma abordagem específica e cuidada de todos os estudos de fiabilidade já mencionados).

É sabido que a equipa de manutenção (e respetiva engenharia) tem um papel preponderante em detetar, evitar e corrigir problemas técnicos, sendo assim aconselhável que este departamento tenha conhecimento atualizado em tempo real do *status* da aeronave para evitar atrasos adicionais. Por fim deve haver uma clara separação entre as falhas de um equipamento e atrasos/cancelamentos pelo que estes são dois problemas diferentes. Estas falhas, independente de causarem ou não atrasos devem ser investigadas através dos métodos descritos nos parágrafos anteriores, nomeadamente pela fiabilidade estatística e histórica.

Por outro lado, tal como a fiabilidade orientada para o evento, o atraso ou cancelamento é um problema que deve ser investigado por si só. De forma a agilizar este processo de identificação dos diferentes tipos de problemas, a fiabilidade de despacho deve ser implementada no Programa de Fiabilidade tendo em consideração toda a operação e não apenas a análise de um evento.

3.2 Princípios básicos de um Programa de Fiabilidade

Por Programa de Fiabilidade (PF) entende-se um conjunto de ações de monitorização da condição da aeronave e dos seus componentes (ANAC, 2010)(Anexo 2). Este permite medir a eficiência das tarefas de manutenção integradas no programa de manutenção através de alertas associados à degradação das condições dos sistemas, componentes e estrutura face aos níveis espectáveis. Este enquadra-se nas temáticas abordadas nos parágrafos seguintes.

3.2.1 Legislação

A EASA (European Aviation Safety Agency) como Autoridade Aeronáutica (AA) encarregue de implementar os requisitos necessários para normalização da indústria aeronáutica na Europa, promove a Fiabilidade através da normativa *Acceptable Means of Compliance* - Part M, Section A (M.A.) 302(f) definindo que:

- Os Programas de Fiabilidade devem ser desenvolvidos para programas de manutenção da aeronave (PMA) baseados na lógica MSG (*Maintenance Steering Group*) ou que apresentem componentes em *condition monitoring* ou ainda que não evidenciem períodos de tempo de *overhaul* delimitados para os principais componentes dos sistemas da aeronave. A lógica MSG para a fiabilidade centrada na manutenção está explicada no capítulo 3.3.
- Não terão que ser desenvolvidos PF para aeronaves que não sejam consideradas de grande porte ou que evidenciem períodos de tempo de *overhaul* delimitados para os principais componentes dos sistemas da aeronave.
- O propósito do PF é de assegurar a efetividade e periodicidade adequada das tarefas do programa de manutenção da aeronave.

- O resultado do PF poderá permitir o aumento ou diminuição da prioridade de tarefa(s) de manutenção, bem como da adição ou eliminação de tarefa(s) de manutenção.
- O PF providencia um meio adequado para a monitorização da eficácia do programa de manutenção.

Por sua vez, a Autoridade Nacional da Aviação Civil (ANAC) como entidade Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN), através da Circular Técnica Informativa (CTI) 10-03 Edição 1 de 02 de Agosto 2010 (Anexo 2) estabelece que “Um programa de fiabilidade aprovado, é o meio adequado para a monitorização da eficácia do programa de manutenção como requerido pela M.A.301”.

Um programa de fiabilidade complexo revela-se inapropriado para um operador com uma frota reduzida de aeronaves. Em consonância com a normativa da EASA que lhe dá origem, podemos ainda encontrar nesta CTI uma metodologia a aplicar para frotas reduzidas.

Por frota reduzida de aeronaves entende-se menos de 6 unidades do mesmo tipo, sendo o caso de estudo deste trabalho. Apesar de não serem referidos limites nesta Circular Técnica Informativa, fatores como o elevado número de horas e ciclos que as aeronaves efetuam para o mesmo tipo de operação mostram-se igualmente relevantes nesta análise. Kinnison & Sidiqui (2004) defendem que um conjunto com menos de 30 pontos de introdução de dados (leia-se aeronaves) revela resultados estatísticos com pouca significância do ponto de vista da fiabilidade.

No caso em que a quantidade de informação recolhida é pouco relevante poderemos obter resultados de fiabilidade nulos ou bastante discrepantes. Um exemplo disso é a obtenção de uma taxa nula para um determinado componente/aeronave que pode não indicar um verdadeiro problema ao acionar um índice de alerta (discutidos no Capítulo 5). Assim, o operador deve adequar os seus índices de alerta de forma a evitar falsos positivos.

Um dos conceitos que poderá ajudar na análise de falsos positivos é o da partilha de dados em comum (*pooling*) para a fiabilidade. Neste, a troca de dados técnicos e análise conjunta com um ou mais operadores, ajuda a melhor enquadrar este problema através de uma maior precisão de um conjunto de dados fiáveis comparativamente àqueles obtidos por uma frota pequena.

De acordo com a CTI 10-03, os objetivos definidos do programa de fiabilidade são detalhados na Figura 5, na qual para cada ação corretiva é estabelecida uma estratégia e a sua inerente eficácia.

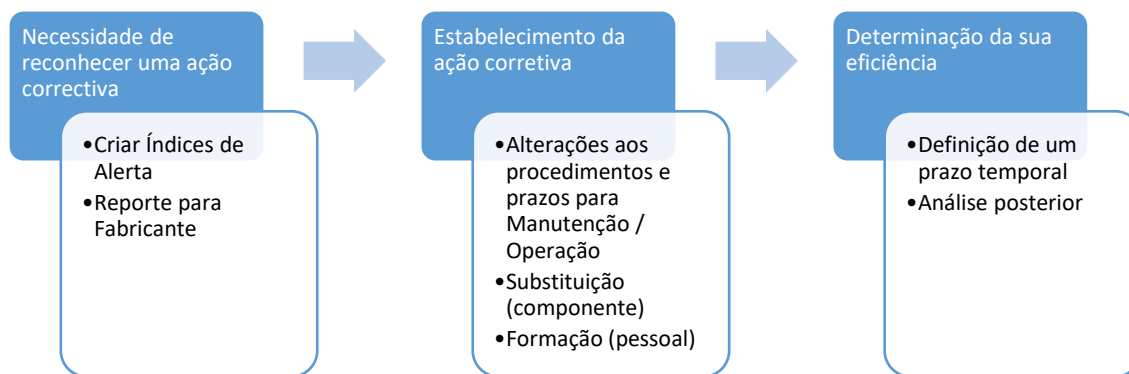


Figura 5 - Objetivos e procedimento implementado pela CTI 10-03

Para o caso da aplicabilidade desta CTI (presente no capítulo 4.1.1 e 4.1.2 da CTI 10-03 exposta no Anexo 2) à frota da *Everjets* estudada no contexto desta dissertação, há algumas considerações a ter em conta:

Para o desenvolvimento do PF temos que:

- A aeronave é considerada grande com um peso máximo à descolagem (PMD) de 11.000Kg

No entanto em detrimento da sua aplicabilidade temos que:

- O programa de manutenção não contempla componentes em “*condition monitoring*”.
- O programa de manutenção aprovado define intervalos de revisão geral (*overhaul*) para todos os componentes dos sistemas críticos¹.

Todos os fatores de aplicabilidade foram tidos em conta de forma a poderem ser tomadas decisões e compromissos que agissem em benefício da *Everjets* e do ANAC. Para tal, alguns critérios definidos na CTI aplicados à frota *Kamov* podem indicar a não imposição de execução do PF. No entanto, tal como contemplado pela CTI, a decisão da Parte M Subparte G foi de encontro à pretensão em alcançar maiores níveis de segurança e de fiabilidade, garantindo ainda uma gestão mais eficiente, quer ao nível da manutenção, quer ao nível da própria operação, em relação às possíveis ocorrências que possam surgir na frota.

3.2.2 Captura de dados

A primeira parte de um programa de fiabilidade prende-se com a recolha de dados. A coleta destes dados fornece informação necessária para poder ser posteriormente analisada. O resultado do processamento, manuseamento e organização de dados deverá ser feita de

¹ Que afetam a segurança de voo.

forma a adicionar conhecimento à pessoa que os recebe (AIRBUS, 2015). É necessário atender à forma como estes dados são coletados e, de acordo com o tipo de operação da aeronave, escolher o tipo de dados a recolher.

Em regra, conforme detalhado por Kinnison & Sidiqi (2004), os tipos de dados recolhidos para um avião comercial são os seguintes:

- Tempo de Voo / Ciclos - Obtenção de rácios dependentes de acontecimentos por horas de voo (*h*) ou ciclos de operação. Normalmente, são admitidos blocos de 100 horas de voo para uma análise percentual ou 1000 horas para ocorrências raras. O programa de fiabilidade deve ajustar o tipo de operação considerando o maior fator de utilização da aeronave.
- Cancelamentos / Atrasos - Todos os cancelamentos e atrasos superiores a 15 minutos são contabilizados, no entanto, apenas aqueles que advêm da manutenção devem ser objeto de consideração para cálculos do PF.
- Remoção não programada de componentes - Um dos fatores mais importantes para análise do PF tem que ver com a remoção de componentes antes do tempo previsto no respetivo programa de manutenção ou no caso de serem em regime de *on condition* (OC) ou *condition-monitoring* (CM). Este dado revelará diretamente o número de vezes que um componente com o mesmo *Part Number* (P/N) (ou P/N equivalente) é removido. Cabe à equipa de fiabilidade analisar os motivos de cada remoção não programada para que possam ser tomadas medidas corretivas ou preventivas. Os componentes que são removidos e substituídos dentro do período previsto no PMA por terem atingido o tempo limite de vida ou, em alguns casos sob monitorização condicionada (*on condition*), não são contabilizados neste tipo de dados. No entanto o seu intervalo pode ser utilizado como referência de estudo para eventuais remoções.
- Remoção não programada de motores - Este método de análise é em tudo similar à remoção não programada de componentes tendo em conta que se destina exclusivamente à remoção de motores como um todo. O motor, como sistema propulsivo de importância vital na aeronave, deve ser rastreado de forma independente dos restantes componentes devido ao tempo, custo e à mão de obra associada à sua troca.
- *In-Flight shutdown* (IFSD) de motores - Este evento é considerado como sendo um dos mais sérios a ocorrer durante o voo, em especial em aeronaves bimotores, sendo crítico em monomotores. Como tal, este evento tem de ser minuciosamente estudado e acautelado pelo PF. Adicionalmente as autoridades internacionais nas quais as aeronaves estão inseridas exigem o respetivo reporte deste tipo de acontecimento. A FAA requer que seja

efetuado um reporte em que seja investigado as causas do IFSD e tomadas medidas corretivas, reportadas para a autoridade num prazo máximo de 72 horas, tal como está mencionado na *Mechanical Reliability Report* Reg nº121.703 emitido pela (Federal Aviation Administration). Por seu lado a EASA propôs recentemente a necessidade de reporte deste tipo de anomalia para helicópteros mono-motores e de classes operacionais inferiores que considera críticos. Adicionalmente através da proposta CM-PIFS-011 Edição 01 de 3 de julho 2015 (European Aviation Safety Agency), a EASA define condições inseguras relativas a taxas de ocorrências de IFSD por tempo de voo e o seu respetivo critério de reporte. Não obstante, é importante referir que os sistemas propulsivos são dimensionados e testados de forma a assegurar níveis aceitáveis de IFSD's, tal como refere a FAA na circular de aviso número 120-42B (Federal Aviation Administration, 2008).

- Reporte de defeitos/anomalias por Pilotos (PIREP - *Pilot Report*) - Refere-se a todas as queixas reportadas pela tripulação que são registadas na documentação para o efeito (caderneta técnica, diário de navegação ou documento de reporte específico). Estas devem explicitar avarias, defeitos ou falhas dos componentes/sistemas ocorridas durante o voo. Cada reporte deverá ser relacionado com o respetivo capítulo ATA/iSPEC de forma a ser possível rastrear o problema por sistema, sub-sistema ou componente.
- Reporte de defeitos/anomalias pela Manutenção (MAREP - *Maintenance Report*) - Este tipo de reporte é em tudo semelhante ao anterior sendo este originário de deteções de falhas ou defeitos por parte da equipa de manutenção (Técnicos de Manutenção de Aeronaves (TMA), engenheiros, auditores ou pessoal aprovado para o efeito). Tal como os PIREP's, cada reporte deverá ser relacionado com o respetivo capítulo ATA/iSPEC de forma a ser possível rastrear o problema por sistema, subsistema ou componente.
- Reporte de defeitos/anomalias de cabine - Este reporte diz respeito a itens que integram a configuração da cabina, destacando-se os relativos:
 - às operações a bordo (equipamentos das galleys, WC, etc);
 - sistemas de apoio à operação, e.g., equipamentos de MEDVAC, equipamentos de elevação, etc;
 - a sistemas de segurança, e.g., redes de carga, extintores;
 - ao conforto e entretenimento dos passageiros (dependendo da operação)

Estes equipamentos devem estar descritos no PF e em caso de anomalia, devem ser registados no relatório técnico de bordo.

- Falha de componentes - Todas as aeronaves têm que se submeter a inspeções mais profundas que envolvem a substituição programada de componentes bem como o teste ao seu estado de funcionamento. Os componentes principais (aviônicos, componentes e sistemas mecânicos) que falhem nestes testes são dados essenciais que deverão fazer parte do PF.
- Falhas críticas - Falhas que envolvem a perda de função do item/sistema ou resultam em danos secundários que poderão ter efeitos adversos na segurança de uma operação.

Todavia, a adaptação da operação às necessidades de cada operador ao PF pode conduzir a outra organização de recolha e registo de dados. Assim fica evidente que o tipo de dados coletados terá que estar em concordância com a tipologia de missão para quais as aeronaves estão destinadas, tal como será mostrado no Capítulo 4.

3.2.3 Detecção e alerta de problemas

A fiabilidade histórica que permite a comparação entre o presente e o passado, define padrões de acontecimento de um evento que são avaliados de acordo com a análise da performance passada e o seu desvio padrão.

Um sistema de alerta é implementado para identificar as áreas em que esta performance é significativamente diferente do normal. Assim, este alerta, permite a deteção de eventuais problemas para que possam ser posteriormente investigados.

Desta necessidade, a deteção de problemas surge através da implementação de um nível de alerta ou *Upper Control Limit* (UCL), obtido pela análise estatística. Quantificados os acontecimentos a partir dos dados coletados, são utilizados cálculos estatísticos comuns para que, através da média e desvio padrão da média móvel, seja possível a obtenção do UCL para um intervalo mensal previamente definido. A média móvel dos três últimos meses fornece uma linha de tendência relativa às taxas de acontecimento do parâmetro em análise para o ano transato. Por fim o nível de alerta é dimensionado com uma tolerância de 1 a 3 intervalos de desvio da média dependendo do tamanho da frota.

Para o cálculo do desvio padrão (σ) temos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N - 1}} \quad (16)$$

onde,

x - Taxa de acontecimentos para intervalo considerado;

N - Número de meses de intervalo considerados.

Assim conseguimos obter o UCL dado por:

$$UCL = \bar{x} + k \sigma \quad (17)$$

onde,

\bar{x} - Média da taxa de acontecimentos $\left(\frac{\sum x}{N}\right)$

k - Fator de desvio

σ - Desvio padrão

O fator de desvio (k) assume um valor entre 2 ou 3. Não sendo fixo, pode haver a necessidade de ajustamentos em alguns casos para fornecer valores mais adequados e evitar falsos alertas.

O UCL é então o cálculo do limite para o qual os desvios inferiores são considerados estatisticamente aceitáveis. Em caso de o UCL ser ultrapassado, a fiabilidade do sistema é considerada instável (Željko et al., 2007). A sua ultrapassagem de forma repetida representa uma tendência negativa que deverá ser interrompida aplicando ações corretivas adequadas.

Adicionalmente, de acordo com (Santos, 2011), é importante ter em linha de conta que a amostra existente pode não justificar uma análise estatística, mas sim uma análise quantitativa, de forma a aproximar o estudo da realidade.

3.3 Fiabilidade centrada na manutenção

A fiabilidade centrada na manutenção ou *Reliability Centered Maintenance* (RCM) é a metodologia estruturada usada para estabelecer requisitos de manutenção baseados nas funções e falhas dos sistemas ou equipamentos no contexto da sua operação. (Kinnison & Siddiqui, 2004, p.20)

Durante a fase de projeto e manufatura de uma aeronave o fabricante assume condições operacionais padrão expressas no *Maintenance Planning Document* (MPD). Este manual revela, por parte do fabricante, o conjunto de recomendações de manutenção para o ciclo de vida da aeronave de acordo com a sua tipologia e segmento. Por outro lado, com base no MSG-3 o operador concebe um Programa de Manutenção da Aeronave (PMA) para se estruturar de acordo com as exigências do fabricante e as suas próprias necessidades de operação. Assim, como complemento ao PMA, o Programa de Fiabilidade é desenvolvido e construído com base nas necessidades de cada operador por via de pequenos ajustes em aspetos técnicos e operacionais. A título de exemplo, existe a necessidade de adequar o programa de fiabilidade de acordo com (Željko et al., 2007):

- Clima;
- Localização Geográfica;
- Utilização Anual Média;
- Tempo de Voo Médio;
- Tipos de Procedimentos e Operações.

Na indústria aeronáutica estes tipos de características podem-se tornar decisivas para alcançar melhorias na manutenção pela via da fiabilidade. Por exemplo, se tivermos uma operação com muitos ciclos (e.g., carga suspensa) a escala de análise de fiabilidade deve ser expressa por 100 ciclos. Estes ciclos representam várias características de voo como as

aterragens, descargas do cabo de carga ou até assumir um gradiente em função da exigência da função. Para a Aeronavegabilidade e Manutenção, departamento responsável pela gestão de carácter técnico da aeronave, a análise destes ciclos deve estar de acordo com o previsto no manual de manutenção (ou documento equivalente) do fabricante da aeronave, motor ou componente.

Por outro lado, para aeronaves com muito tempo de voo e pouco esforço para a estrutura (voos comerciais, por exemplo) deve ser considerada uma escala que tenha em conta o fator com maior preponderância; assim os resultados poderão ser escalonados por cada 100 horas de voo.

O programa de fiabilidade fornece informação de cada sistema e seus componentes que pode (e deve) ser comparada com outras aeronaves do mesmo tipo, seja dentro da sua própria frota de acordo com a fiabilidade projetada pelo fabricante ou a nível mundial através de outros operadores com operações similares. Este conceito, tal como mencionado nos capítulos anteriores, é denominado por *pooling*.

Um exemplo de um programa que permite o *pooling* é o programa ATA E-Business SPEC 2000. Pela necessidade que os operadores, fornecedores e fabricantes tem de coletar, organizar e partilhar dados fiabilísticos entre eles, é criado um padrão da indústria que permite a troca de informação de forma eficiente e com um custo reduzido. Este padrão foi criado pelo ATA *Reliability Interest Group* (RIG) e está descrito no Capítulo 11 do SPEC2000 pelo documento “*Aircraft Reliability Data Collection and Exchange*” que faz parte deste padrão desde Maio de 2004.

Este capítulo define pontos muito relevantes para o estudo da fiabilidade na aeronáutica. São estes:

- Definir que eventos constituem a fiabilidade e manutibilidade na aeronáutica.
- Definir a importância dos acontecimentos dentro de cada evento e qual o seu significado.
- Implementar um padrão de comunicação que permita uma troca de informação detalhada e de baixo custo. Este protocolo é baseado na linguagem XML (*Extensible Markup Language*).

No decorrer da vida útil, o estudo fiabilístico inicia-se com a análise dos acontecimentos detetados. Os dados recolhidos devem ser tratados de forma a que possam ser analisados. Um dos estudos possíveis deriva os valores introduzidos obtendo uma tendência que pode ser positiva ou negativa. De forma simples fica evidente quais os componentes/sistemas que não estão a alcançar a fiabilidade projetada pelo que se deve investigar não só as causas como obter soluções de forma a corrigir o problema.

O processo que enumera os princípios gerais de fiabilidade a utilizar no planeamento das ações de manutenção a aplicar numa aeronave ou equipamento novo é dado através do Maintenance Steering Group (MSG). Este ajuda a identificar os diferentes tipos de sistemas que caracterizam as aeronaves e definir o método específico para análise de desempenho e fiabilidade para cada um deles. Assim, esta metodologia acaba por implementar a filosofia RCM na indústria aeronáutica (Ahmadi & Soderholm, 2007).

Os custos associados ao estudo da fiabilidade são marginais quando comparados com o gasto médio com manutenção pois dependem maioritariamente de estudos matemáticos, podendo ou não ser auxiliados por determinados programas. No caso de serem tomadas decisões consequentes do PF que impliquem trocas ou inspeções adicionais/antes do tempo, estas devem ser devidamente comprovadas pelo que se prevê que o impacto económico dessa decisão seja consideravelmente menor do que a consequência de uma manutenção menos considerativa.

A *Airbus* (2015) divide os custos de manutenção em custos diretos de manutenção (CDM) e custos indiretos de manutenção (CIM)(Tabela 2). Identificando os fatores que constituem os gastos principais nestas áreas, percebe-se que um PF possa ajudar a reduzir custos nos seguintes aspetos:

Tabela 2 - Custos de manutenção

CDM	CIM
<ul style="list-style-type: none">•Monitorizar defeitos repetitivos•Otimizar o PMA•Monitorizar remoções de componentes	<ul style="list-style-type: none">•Minimizar o provisionamento inicial•Minimizar componentes de reposição•Otimizar instalações

Capítulo 4

Metodologia de Otimização do PF

O Programa de Fiabilidade engloba o estudo e enquadramento para as necessidades de operação (abordadas no Capítulo 3), a metodologia executada para alcançar os resultados pretendidos (descrita neste Capítulo), e a produção do relatório periódico de fiabilidade (Capítulo 5.2).

A metodologia a seguir para a implementação do programa de fiabilidade adequa-se aos interesses e à política da empresa bem como à legislação em que esta se enquadra. A seleção do tipo de dados que se pretendem alcançar e estudar advém não só da adaptação do estudo de fiabilidade para uma pequena frota de helicópteros (em comparação com os programas e alianças já implementadas para grandes frotas de aviões), mas também por via de exigências contratuais.

As limitações do caso em estudo prendem-se principalmente com a escassez de dados e de meios existentes para um estudo completo e aprofundado de acordo com todos os critérios estudados no domínio da fiabilidade na indústria aeronáutica. Assim, por ser virtualmente impossível o rastreio consistente dos dados de utilização e manutenção de componentes e sistemas na operação anterior ao ano de 2014, foram procurados processos de cálculo mais simples igualmente representativos do controlo de fiabilidade da frota para o futuro.

Por se tratar do mesmo modelo de aeronave na mesma configuração, a análise de fiabilidade é realizada por frota de forma a serem coletados mais dados para análise de forma a que seja possível obter resultados estatísticos mais relevantes. Estes resultados serão publicados e analisados através do relatório de fiabilidade com periodicidade semestral.

Para efeitos de análise criteriosa devem ser distinguidas as anomalias críticas das anomalias não-críticas. Este critério tem como base a definição dos componentes críticos segundo o Aircraft Maintenance Manual (AMM) do fabricante. Por não ter sido encontrada a informação relativa aos capítulos (seções e subsecções) ATA críticos para a aeronave em estudo, todos os capítulos foram tidos em igual ordem de importância. Estes capítulos encontram-se listados no Anexo 4.

A metodologia implantada para a otimização do Programa de Fiabilidade deverá ser dividida em três fases como consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Fases da metodologia implantada

Fase	Metodologia	Responsabilidade
1	Reporte de Ocorrências	Pilotos/manutenção
2	Análise e Decisão	Diretor engenharia/fiabilidade
3	Registo e Controlo	Equipa engenharia/fiabilidade

Na Figura 6 apresenta-se o diagrama que relaciona as principais fontes de influência e de informação para o Programa de Fiabilidade. A interação dos diferentes organismos é relevante para alcançar um PF adequado. Este estudo é tão ou mais importante que o seu resultado porque, como vimos no capítulo anterior, a influência que este apresenta em toda a operação e manutenção, e consequentemente na empresa, é muito grande.

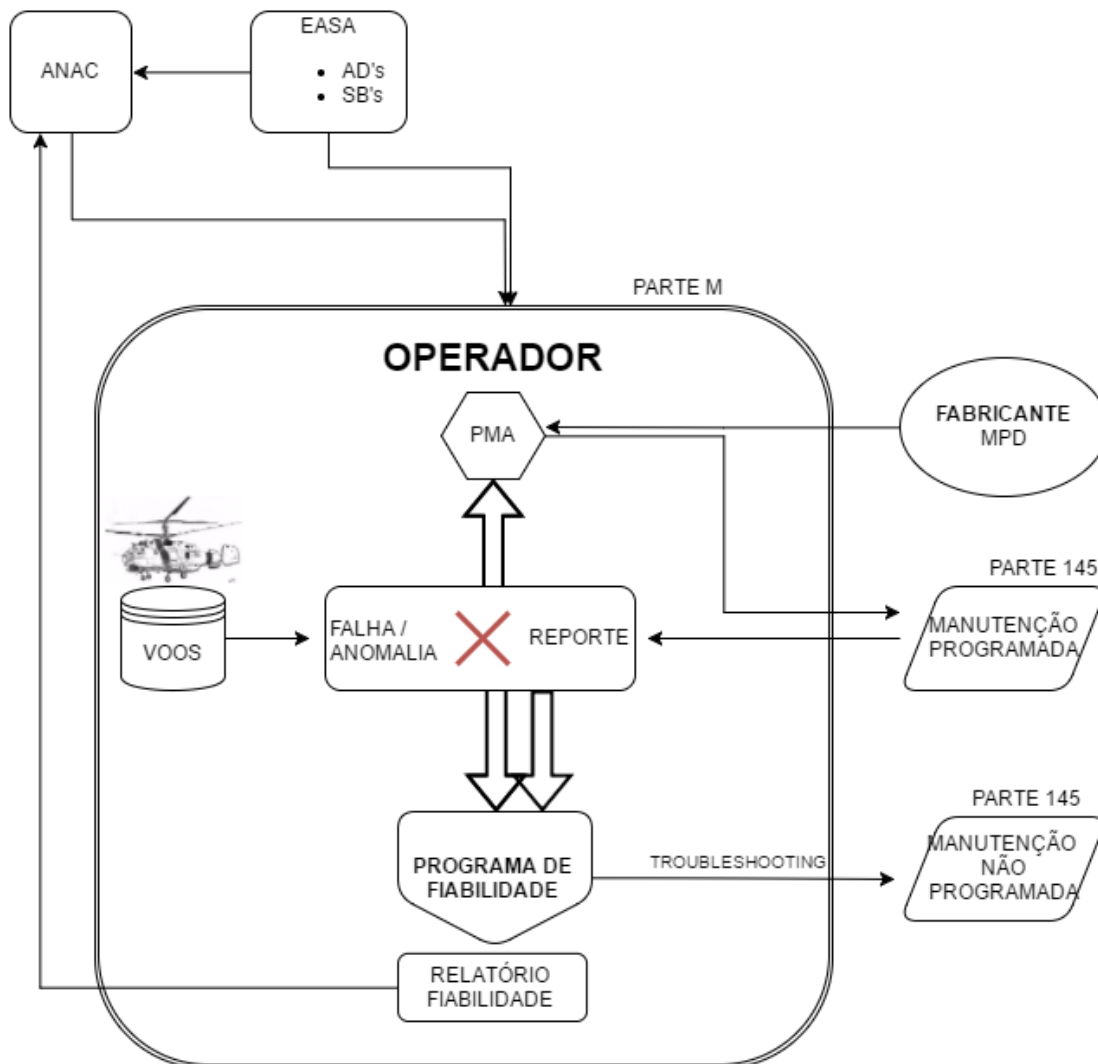


Figura 6 - Diagrama sobre as fontes de influência e informação do PF

O operador, como base de todo o processo, define a metodologia dos acontecimentos de forma a assegurar o cumprimento de toda a legislação imposta pelas Autoridades Aeronáuticas, tanto a EASA como, em Portugal e para aeronaves portuguesas, a ANAC. De uma forma mais específica, depois de cumpridas as exigências formais durante o processo de criação de uma empresa Parte M, os principais métodos de comunicação com os operadores de carácter técnico são os Boletins de Serviço ou *Service Bulletin* (SB) e as Diretivas de Aeronavegabilidade ou *Airworthiness Directive* (AD) emitidas pela EASA.

De forma complementar, a ANAC, apesar de dispor de capacidade de para emitir AD's, tem por norma a adoção exclusiva das diretivas emitidas pela sua autoridade "mãe". No entanto, com um carácter principalmente legislador, o ANAC emite as CTI's que são destinadas a regular a atividade específica dentro do território aéreo português, como é o caso das CTI 10-03 e 15-01 que, como vimos, influenciam de forma direta a frota Kamov.

Por norma, numa fase inicial, os operadores optam por utilizar um Programa de Manutenção de Aeronave (PMA) genérico com base nas recomendações do fabricante explicitadas no capítulo 4 e 5 do MSM - *Master Service Manual* específico a cada versão da aeronave onde são definidas as limitações para a aeronavegabilidade, tempos e inspeções de manutenção. Desta forma, a sua influência é direta no PMA do operador que será objeto de trabalho do PF com o qual partilha uma influência bilateral direta. Querirá isto dizer que ambos se corrigem e complementam. O PMA do *Kamov*, documento interno e exclusivo à responsabilidade da Parte M, define todas as atividades de manutenção nas aeronaves da sua frota a realizar (neste caso, sob forma externa à Parte M) pela parte 145 responsável pela execução dos processos de manutenção, vulgarmente conhecidos por Ordens de Trabalho (OT) ou *Work Orders* (WO).

A informação recolhida que advém dos voos das aeronaves que constituem a frota analisada pelo programa de fiabilidade fornece os dados para o seu estudo e elaboração. A inserção e atualização destes dados é feita pela equipa de engenheiros da gestão da aeronavegabilidade. Mais importante ainda será criar os processos específicos de modo a que, para a ocorrência de falha ou anomalia, o processo seja devidamente reportado e analisado pela equipa de engenharia e fiabilidade. Esse mesmo reporte é então processado e, para a maioria dos casos, efetuada uma ação corretiva (*troubleshooting*) de forma a resolver a ocorrência, normalmente com a intervenção da equipa de manutenção (Parte 145).

Como está explícito no diagrama, o reporte pode ter origem através dos seus principais intervenientes no voo, os pilotos e a tripulação (*Pilot Report* - PIREP) ou por via da equipa de manutenção (MAREP - Maintenance Report), normalmente resultante das anomalias encontradas durante as manutenções e inspeções programadas.

Por fim, fruto dos dados obtidos e das suas consequentes decisões para melhoria da operação e segurança, o PF produz sob via de um reporte periódico toda a informação relevante que conforme acordado é participada à Autoridade Aeronáutica Nacional.

4.1 Reporte de ocorrências

Qualquer transição de um estado de disponibilidade para um estado de indisponibilidade é considerada como uma falha. Neste contexto, este evento pode ser considerado como uma ocorrência ou acontecimento.

É através do acontecimento destes eventos reportados que teremos dados efetivos para mensurar a fiabilidade de um componente, do seu sistema, e até, em teoria, da sua aeronave. O critério para a escolha destes dados, apresentados no capítulo 3.2.2, terá de ser adaptado ao tipo de utilização e operação do helicóptero.

Assim, por via de exemplo, não fará sentido serem considerado atrasos operacionais numa missão de combate a incêndios, algo que, no entanto, é estudado para efeitos de fiabilidade em voos de carácter comercial. Assim, esta metodologia proposta vai de encontro ao tipo de missões da frota *Kamov* mencionadas no subcapítulo 2.2.

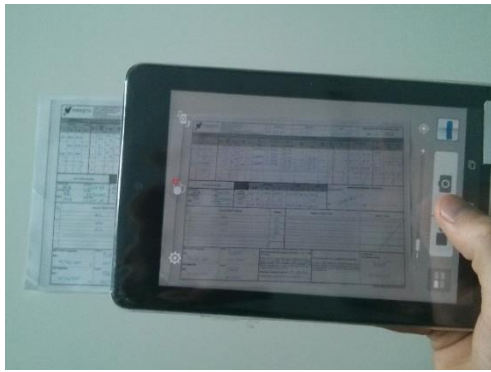
O registo de ocorrências, por ser um reporte confidencial ao operador e às suas equipas, deve ser gerido sob a responsabilidade do departamento de aeronavegabilidade e equipa de fiabilidade. A possibilidade de preenchimento deve ser assegurada em todos os momentos de operação da aeronave para que possa ser utilizado pela tripulação responsável bem como por pessoal em terra.

Adicionalmente este registo deve ser um complemento a todas as Ordens de Trabalho emitidas pela engenharia onde tenham sido observadas remoções não programadas. Dada a sua pertinência, toda a equipa afeta à sua utilização deverá ter formação necessária para o seu correto preenchimento.

Esta fase inicial da metodologia é considerada muito importante, não só devido à implementação de um reporte consistente que cubra as necessidades para o estudo de fiabilidade, mas também pela pretensão em fomentar uma filosofia de transparência. Assim será possível ambicionar uma constante melhoria não só a nível técnico, mas também nas condições de trabalho.

Na primeira fase, de forma a manter a conveniência é proposto o preenchimento do Reporte de Ocorrências a nível informático garantindo a simplicidade do processo, a escolha pela confidencialidade e sobretudo a facilidade no manuseamento da informação reportada.

Em consonância com a filosofia de preenchimento digital dos dados de voo (Figura 7), sob forma de um dispositivo informático com ligação à Internet afeto a cada aeronave, acredita-se que esta solução seja facilmente executada e adotada.



SERVIC	DATA	DI	TIPO MESSAG	FLIGHT TYPE	DEPARTURE	ARRIVAL	START	SHUT DOWN	BLOCK TIME	TAKE OFF	LANDING	FLIGHT TIME	FLIGHT OPERATION TIME	GROUND OPERATION TIME	TOTAL OPERATING TIME (COMPONENT FUELS&E)	LANDINGS (AIRFRAME CYCLES)	TOTAL LANDINGS (AIRFRAME CYCLES)	ENGINE HOURS
1	23/07/15	4	EXP	LPRR	LPRR	21:00	21:30	0:15	00:00	00:00	0:00	0:03	0:03	0:15	207031	0	20716	0:03
2	23/07/15	4	EXP	LPRR	LPRR	11:58	12:47	0:13	00:00	00:00	0:00	0:02	0:02	0:13	207030	0	20716	0:02
3	23/07/15	4	EXP	LPRR	LPRR	12:22	12:50	0:28	00:00	00:00	0:00	0:05	0:05	0:28	207030	0	20716	0:05
4	23/07/15	4	EXP	LPRR	LPRR	11:17	11:25	0:08	00:00	00:00	0:00	0:01	0:01	0:08	207011	0	20716	0:01
5	23/07/15	4	EXP	LPRR	LPSO	16:53	17:12	0:19	19:10	21:00	1:58	0:02	0:02	1:59	207215	2	20716	2:02
6	01/08/15	4	INST	LPSO	F.ZEJ	7:37	8:47	1:10	7:50	8:44	0:54	0:57	0:56	207310	1	20719	0:57	
7	01/08/15	4	INST	F.ZEJ	F.ZEJ	16:30	16:25	1:58	16:40	16:30	1:40	1:43	0:15	207325	10	20709	1:43	
8	01/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	19:10	20:55	1:45	19:15	20:52	1:37	1:38	0:58	207332	1	20700	1:38	
9	02/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	13:53	15:32	1:39	14:00	15:28	1:28	1:30	0:11	207352	1	20711	1:30	
10	03/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	14:53	15:02	0:31	14:30	16:08	2:02	2:03	0:39	207398	1	20702	2:03	
11	03/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	17:52	20:22	2:30	17:57	20:19	2:22	2:23	0:58	207429	1	20703	2:23	
12	04/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	19:21	19:46	2:25	8:27	19:43	2:16	2:17	0:39	207507	1	20704	2:17	
13	04/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	15:15	17:41	2:26	15:21	17:38	2:17	2:18	0:59	207526	1	20705	2:18	
14	04/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	18:53	20:45	1:52	18:59	20:42	1:43	1:44	0:59	207611	1	20706	1:44	
15	05/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	18:42	17:08	0:16	18:19	17:55	0:48	0:48	0:19	207639	1	20707	0:48	
16	06/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	14:16	16:36	2:20	14:21	16:27	2:06	2:08	0:14	207637	1	20708	2:08	
17	06/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	17:24	19:43	2:19	17:29	19:37	2:08	2:10	0:11	207618	1	20709	2:10	
18	07/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	8:08	10:40	2:32	8:13	10:38	2:25	2:26	0:27	207644	1	20710	2:26	
19	07/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	13:07	15:26	2:19	13:12	15:23	2:11	2:12	0:38	207637	1	20711	2:12	
20	07/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	18:53	16:53	2:00	18:38	18:50	2:11	2:12	0:39	210196	1	20712	2:12	
21	08/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	19:03	20:17	1:14	19:09	20:13	2:04	2:06	0:19	210315	1	20713	2:06	
22	08/08/15	4	FF	F.ZEJ	F.ZEJ	17:10	19:34	2:24	17:15	19:30	2:15	2:16	0:59	210532	1	20714	2:16	
23	08/08/15	4	FERRY	F.ZEJ	LPSO	20:20	20:40	0:20	20:25	20:45	0:20	0:21	0:39	210564	1	20715	0:21	
24	10/08/15	4	EXP	LPSO	LPSO	6:27	7:04	0:37	6:57	7:02	0:05	0:11	0:02	210630	1	20716	0:11	
25	10/08/15	4	FERRY	LPSO	LPRR	7:22	8:56	1:34	7:27	8:53	1:26	1:27	0:59	210730	1	20717	1:27	

Figura 7 - Preenchimento e processamento digital dos dados de voo

O reporte criado para o efeito pode ser consultado e preenchido no link <https://form.jotformeu.com/62780263598366>. A sua submissão é direcionada para a equipa de engenharia bem como para o seu responsável de forma a dar seguimento ao processo.

A primeira parte do reporte está ilustrada através da Figura 8, sobre a qual se tecem as seguintes considerações:

Reporte Ocorrências Técnicas

Engenharia & Fiabilidade

Origem de Reporte

Piloto/Tripulação
 Manutenção

Helicóptero **Local**

Horas Totais **Ciclos**

Registo Voo

Voo HTL FDR

Registo de Manutenção

Figura 8 - Reporte de ocorrências, parte 1

- Origem de Reporte: Diferencia o reporte consoante a sua origem. A origem entre Pilotos ou da equipa de Manutenção é importante para os rácios PIREP e MAREP respetivamente. Foram ainda consideradas em PIREP os membros da Tripulação a bordo da aeronave, como os operadores de guincho por exemplo, que poderão identificar de forma mais facilitada os componentes afetos à sua utilização.
- Helicóptero: Identificação da Aeronave afeta à ocorrência. Há a possibilidade de deixar o campo em branco na eventualidade de ser reportada uma anomalia referente a um componente ou equipamento desagregado da aeronave.
- Local: Localização geográfica da ocorrência para efeitos identificativos. Por norma deverá ser introduzida a base operacional.
- Horas Totais: Introdução das horas totais do helicóptero/componente na altura do acontecimento reportado. Deve ser introduzido no formato [horas acumuladas: minutos].
- Ciclos: Introdução dos ciclos do helicóptero/componente na altura do acontecimento reportado.
- Registo de voo: Este campo deve ser associado a informação que facilmente identifica o voo com ocorrência de forma a que a equipa de engenharia possa investigar com precisão todos os parâmetros técnicos necessários. De forma a simplificar o processo, há apenas a necessidade de identificar a posição do voo (1, 2 ou 3) e a página do Relatório Técnico de Bordo (HTL - *Helicopter Technical Log Book*) afeto ao voo em questão. Adicionalmente há a possibilidade de ser introduzido o número do *Flight Data Recorder* que permite a posterior identificação de todos os parâmetros técnicos do voo.
- Registo de manutenção: Campo para preenchimento da equipa de manutenção de forma a relacionar a anomalia detetada com uma ordem de trabalho existente.

A segunda parte do reporte está representada pela Figura 9, sobre a qual se tecem as seguintes considerações:

The form consists of several sections:

- Descrição Ocorrência:** A large text input field for describing the occurrence.
- Sistema/Componente:** Three text input fields labeled 'NOME', 'P/N', and 'S/N' for identifying the system and its part/serial numbers.
- ATA SPEC 2200:** A dropdown menu currently showing '05 TIME LIMITS/ MAINTENANCE CHECKS'.
- Info Adicional Componente:** A list of checkboxes for 'Horas Componente', 'Ciclos Componente', and 'Log Card/Passaporte' to add further details.

Figura 9 - Reporte de ocorrências, parte 2

- **Descrição Ocorrência:** Campo para a descrição da ocorrência encontrada. Deve ser mencionado o tipo de falha ou problema encontrado de forma detalhada.
- **Sistema/Componente:** Inserção do nome do componente ou sistema, com a relevância da discriminação do seu *Part Number* (P/N) e *Serial Number* (S/N).
- **ATA iSPEC 2200:** Este menu pré-inserido com os capítulos e subcapítulos ATA iSpec 2200, possibilita a catalogação detalhada do componente. Acompanhando a evolução da indústria aeronáutica, encontra-se a necessidade de catalogar de acordo com o parâmetro em uso em detrimento do ATA 100.
- **Info Adicional Componente:** Espaço para adicionar detalhes relevantes para o rastreamento do componente.

A última parte do reporte de ocorrências técnicas está ilustrada na Figura 10, sobre a qual se tecem as seguintes considerações:

The image shows a web form for reporting technical incidents. At the top, there is a section titled "In-Flight Shutdown Motor?" with two radio button options: "SIM" and "NÃO". The "NÃO" option is selected. Below this is a horizontal line. Underneath, there is a section titled "Evidências" (Evidence) containing two buttons: "Anexar Ficheiros" (Attach Files) and "Tirar Fotografia" (Take Photo). Below the "Evidências" section is a section titled "Identificação (Opcional)" (Optional Identification) with two input fields: "NOME" (Name) and "AUTORIZAÇÃO INTERNA" (Internal Authorization). Below these fields is an "ENVIAR" (Send) button. At the bottom of the form, it says "Powered by JotForm".

Figura 10 - Reporte de ocorrências, parte 3

- *In-Flight Shutdown Motor*: Seleção deste acontecimento. Sendo um evento bastante importante e distinto com o objetivo de ser estudado pelo PF, este encontra-se assinalado de forma a ser facilmente discriminado neste reporte. Este tipo de acontecimento está descrito no capítulo 3.3.1.
- Evidências: Este reporte permite anexar documentos de relevo (*Log Card* e em Registo Histórico (RH) de cada componente² para as aeronaves Kamov) ou ainda a possibilidade de tirar uma fotografia diretamente da plataforma, algo que se revela bastante útil e prático para evidenciar uma falha ou anomalia.
- Identificação (Opcional): Como indica este parâmetro, a submissão deste reporte pode ser confidencial, incentivando a sua utilização. Na eventualidade de assinar o reporte, a pessoa poderá mencionar a seu número de identificação interno da empresa.

² O fabricante utiliza a terminologia 'Passaporte' para o que é comumente denominado no setor aeronáutico de Registo Histórico, *Log Book*, *Log Card*, *Historical Record*.

4.2 Análise e decisão

Após o envio do reporte de ocorrências mencionado no capítulo 4.1.1, a sua submissão é direcionada para a equipa de engenharia de forma a ser criteriosamente analisada e arquivada. Não obstante, é da responsabilidade do diretor de aeronavegabilidade confirmar a verosimilhança do reporte e respetivos dados.

Consoante o tipo de aeronave, os limites operacionais impostos no manual de voo (presente no anexo 3 deste trabalho), o âmbito para o qual a aeronave está certificada pelas autoridades aeronáuticas do país de operação e até fatores como a humidade ou a temperatura do ar podem influenciar uma análise discriminativa dos limites toleráveis de operação.

Assim, torna-se essencial o conhecimento destes limites na sua íntegra para confirmar o acontecimento de falha ou anomalia reportados. A utilização incorreta de um equipamento, ou uma ocorrência anómala de um evento, poderão estar contempladas dentro dos limites operacionais, não deve ser considerado como falha, podendo não ser tomada uma ação corretiva imediata. Esta decisão caberá ao gestor da CAMO.

Confirmada a falha, o gestor da CAMO deverá avaliar as condições resultantes e as suas consequências, podendo ou não declarar a aeronave como inoperacional. No seguimento do processo, deverá ser dada uma referência ao reporte confirmado, deverá ser tomada uma decisão de manutenção.

4.3 Registo e controlo de falhas

A terceira fase da metodologia implantada pretende definir a forma como a informação reportada é registada e controlada. Para além do registo de todas as ocorrências passadas, a sua principal função é servir de plataforma para os cálculos de fiabilidade.

Alguns pormenores muito importantes nesta fase passam pela necessidade de cruzar os dados reportados com a utilização acumulada da aeronave e componentes afetos à ocorrência reportada, registar a ação corretiva e identificar o número de unidades do mesmo PN por aeronave.

Dependendo da solução encontrada pela manutenção de forma a resolver a falha reportada, é necessário confirmar se houve substituição não-programada do componente. Este acontecimento é contabilizado diretamente para o rácio das remoções não programadas.

Nesta parte da metodologia, o controlo das anomalias calcula a fiabilidade tendo em conta todo o tempo de operação das aeronaves desde início de atividade na frota.

O controlo de anomalias e falhas é feito utilizando o programa Microsoft Excel que é utilizado não só para compilar as diversas falhas reportadas, mas também para calcular dados de fiabilidade. De forma a facilitar a sua explanação, esta é aqui explicitamente dividida em

5 partes representadas da Tabela 4 à Tabela 8, com detalhes facultados das suas colunas (a) a (aa).

Tabela 4 - Frota em análise

FROTA EM ANÁLISE			
HELI	CS-HAA	CS-HBB	CS-HCC
TSN			
TC			
tempo médio voo (Δt)	(a)		

Para efeitos de cálculo, será necessário introduzir as horas desde novo (TSN - *Time Since New*) e os ciclos totais (TC - Total Cycles) das aeronaves.

a) O tempo médio de voo para o período de operação desde início:

$$\Delta t = \frac{\sum TSN}{\sum TC} \quad (18)$$

Tabela 5 - Origem ocorrência

ORIGEM OCORRÊNCIA					
Data	Referência reporte	PIREP (P) MAREP (M)	Aeronave		Suporte de referência
			Matricula	TSN	
(b)	(c)	(d)		(e)	(f)

- b) Data do reporte
- c) Referência dada ao reporte na fase 2
- d) Origem PIREP colocar (P); Origem MAREP colocar (M)
- e) TSN: Horas aeronave na altura da ocorrência
- f) Este campo diz respeito ao documento que associa a página do registo do voo ou *Helicopter Technical Logbook* (HTL) ou ordem de trabalho em questão que deu origem ao reporte.

Tabela 6 - Identificação do componente

IDENTIFICAÇÃO DO COMPONENTE			
ATA Spec 2200	P/N	S/N	Designação
(g)	(h)	(i)	(j)

- g) Catalogação do componente no capítulo ATA Spec 2200.
- h) P/N de acordo com passaporte/ *log card*
- i) S/N de acordo com passaporte/ *log card*
- j) Nome dado ao componente/sistema

Tabela 7 - Ação corretiva

AÇÃO CORRETIVA							
Código de falha	Motivo falha	Ação corretiva	Remoção não programada (Y/N)	Substituição componente			
				WO	SN ON	TSN ON	TAG
(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)	(q)	(r)

- k) Código de falha da ocorrência
- l) Motivo apontado para a ocorrência
- m) Ação corretiva para a ocorrência reportada. Substituição, limpeza de contactos ou reaperto poderão ser alguns exemplos
- n) Indica se houve remoção não programada do componente. Caso positivo = (Y); caso negativo = (N)

Os seguintes campos da Tabela 7 são preenchidos no caso de haver substituição de componente:

- o) WO de substituição do componente
- p) S/N do componente inserido (S/N do componente removido no campo (i))
- q) Tempo total do componente inserido
- r) Referência identificadora do componente inserido

Tabela 8 - Fiabilidade por PN

FIABILIDADE POR PN								
# falhas anteriores mesmo PN	# remoções não programadas anteriores mesmo PN	Tempo de Operação mesmo PN			Taxa de falha (λ)	Fiabilidade	MTBF	MTBUR
		CS-HAA	CS-HBB	CS-HCC				
(s)	(t)	(u)	(v)	(w)	(x)	(y)	(z)	(aa)

- s) Número de falhas anteriores do mesmo PN. É necessário contabilizar as falhas passadas. Não é necessário contabilizar a falha da própria linha.
- t) Número de remoções não programadas anteriores do mesmo PN. É necessário contabilizar as falhas passadas. Não é necessário contabilizar a falha da própria linha.
- (u) (v) (w) Devido à possibilidade de se verificar alguns SN's do mesmo PN com diferentes horas de operação na mesma aeronave, estes campos requerem especial atenção pois será necessário ter em conta todas as unidades do mesmo PN em cada aeronave e contabilizar a sua operação passada de acordo com o seu historial de operação.
- x) Taxa de falha (λ) é o rácio entre o número de falhas e o total de horas voadas do mesmo componente:

$$\lambda = \frac{(s) + 1}{(u) + (v) + (w)} \quad (19)$$

Na Figura 11 encontra-se um exemplo gráfico da (TAP, 2005) para a monitorização das horas voadas para o mesmo componente. O componente em análise é o *engine starter* com o PN 82-65. A restante referência prende-se com os diferentes SN's utilizados ao longo da operação para as várias aeronaves constituintes da frota.

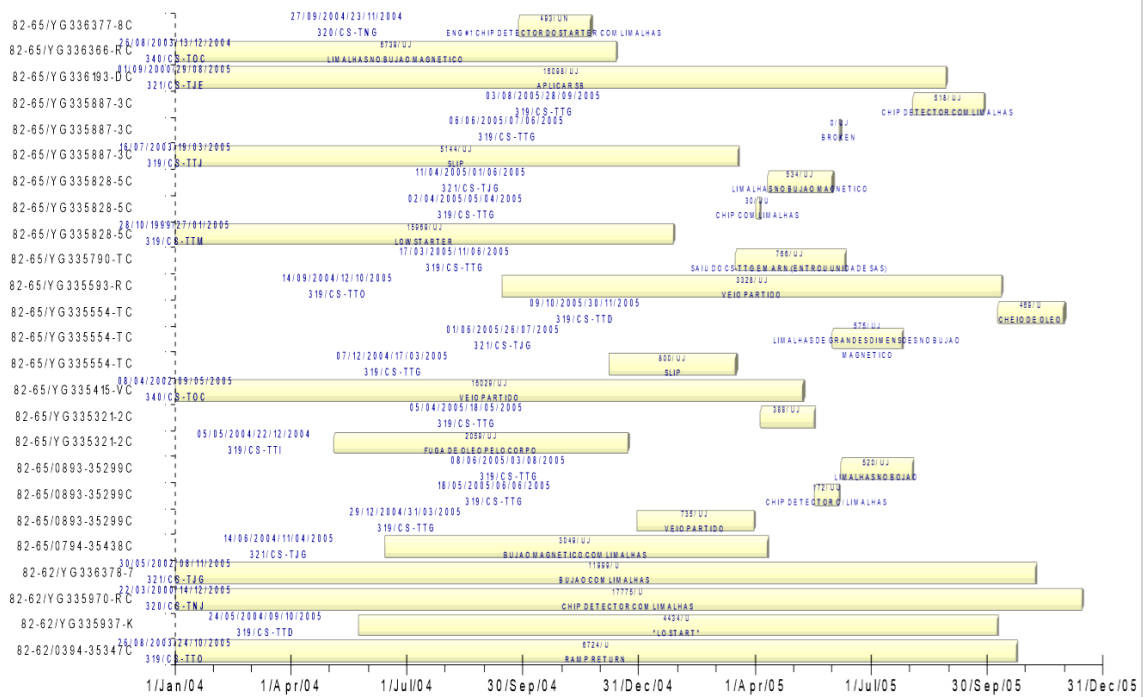


Figura 11 - Utilização do mesmo PN na frota (TAP, 2005)

- y) Utiliza-se agora a equação (12) para determinar o valor da fiabilidade calculada em relação ao tempo médio de voo (Δt) para o total da operação. Este espelha a fiabilidade do componente na frota durante toda a operação na frota. Pode ser medido em percentagem.

$$R(\Delta t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (20)$$

- z) De acordo com os procedimentos matemáticos assumidos nas equações (14) e (15) conseguimos chegar ao *Mean Time Between Failures* (MTBF) expresso em horas de voo, revelando o tempo médio entre falhas do mesmo componente (P/N) desde o início da operação da frota. É um indicador importante pois revela o tempo provável até à próxima falha. É dado pela seguinte equação:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (21)$$

- aa) *Mean Time Between Unscheduled Removals* (MTBUR) expresso em horas de voo, revela o tempo médio entre remoções não programadas do mesmo componente (PN) desde o início da operação na frota:

$$MTBUR = \frac{(u) + (v) + (w)}{(t) + 1} \quad (22)$$

Capítulo 5

Caso prático e discussão

O caso prático presente neste capítulo expõem os principais resultados que foram possíveis alcançar com os dados disponíveis, sem violar requisitos de sigilo. Estes resultados são representados sob forma de tabelas e gráficos ilustrando de forma simples a utilização da frota em análise.

De forma a facilitar a compreensão dos dados, é importante referir que:

1. O estudo efetuado é referente à operação de três helicópteros que compõem a frota *Kamov* estudada. A totalidade dos dados recolhidos e analisados são referentes ao período compreendido entre janeiro de 2014 e junho 2015, englobando diferentes tipos de missões com diferentes graus de complexidade. A escolha para a análise de toda a frota prende-se com a maior quantidade de dados obtidos.
2. A identificação dos componentes pelo sistema ATA 100 é um exemplo devido à impossibilidade de comprovar o detalhe proposto (pelo sistema ATA 2200) para a origem de dados de ocorrências registadas no passado.
3. A análise efetuada apresenta resultados para todo o período compreendido em (1), dividindo adicionalmente em três semestres de forma a servir de estudo preparatório para o relatório de fiabilidade semestral.
4. A recolha das anomalias foi distinta apenas por aeronave, mês, PIREP/MAREP e ATA 100.
5. Os dados recolhidos e apresentados são adaptados de acordo com as exigências de confidencialidade da empresa.
6. Apenas está contemplado uma representação de cada tipo de tabela/gráfico. As representações gráficas são referentes à totalidade da frota, a não ser que seja assinalado de outro modo.

A segunda parte deste capítulo prende-se com a apresentação compreensiva do relatório de fiabilidade.

5.1 Ilustração de resultados

5.1.1 Horas de operação e ciclos

A contabilização das horas de operação e ciclos segue a mesma metodologia utilizada na gestão da aeronavegabilidade tal como definido nos respetivos manuais de manutenção da aeronave, motor e componentes adicionais. Este cálculo foi feito com a ajuda do *log book* das aeronaves e dos registos digitais (Figura 7).

Tabela 9 - Dados FH e FC

FH 1º SEM 2014					FC 1º SEM 2014				
MÊS	CS-HAA	CS-HBB	CS-HCC	TOTAL	MÊS	CS-HAA	CS-HBB	CS-HCC	TOTAL
JAN	17:28	22:17	2:54	42:39	JAN	27	37	3	67
FEV	25:29	11:41	8:57	46:07	FEV	55	27	9	91
MAR	31:34	3:10	22:08	56:52	MAR	62	21	54	137
ABR	35:18	3:19	13:27	52:04	ABR	63	6	26	95
MAI	31:26	30:42	30:33	92:41	MAI	83	41	78	202
JUN	20:06	12:58	16:30	49:34	JUN	20	31	86	137
TOTAL	161:21	84:07	94:29	339:57	TOTAL	310	163	256	729

Como se pode verificar pelo conjunto na Tabela 9 a escala de cores permite apurar facilmente os meses e as aeronaves que mais voaram e mais ciclos fizeram em cada período. As horas de voo (FH - *Flight hours*) são apresentadas no formato [horas totais acumuladas: minutos] e os ciclos (FC - *Flight cycles*) em unidades, no caso no número de aterragens.

A representação gráfica ao longo do ano de 2014, para a aeronave 'CS-HAA', está presente na Figura 12.

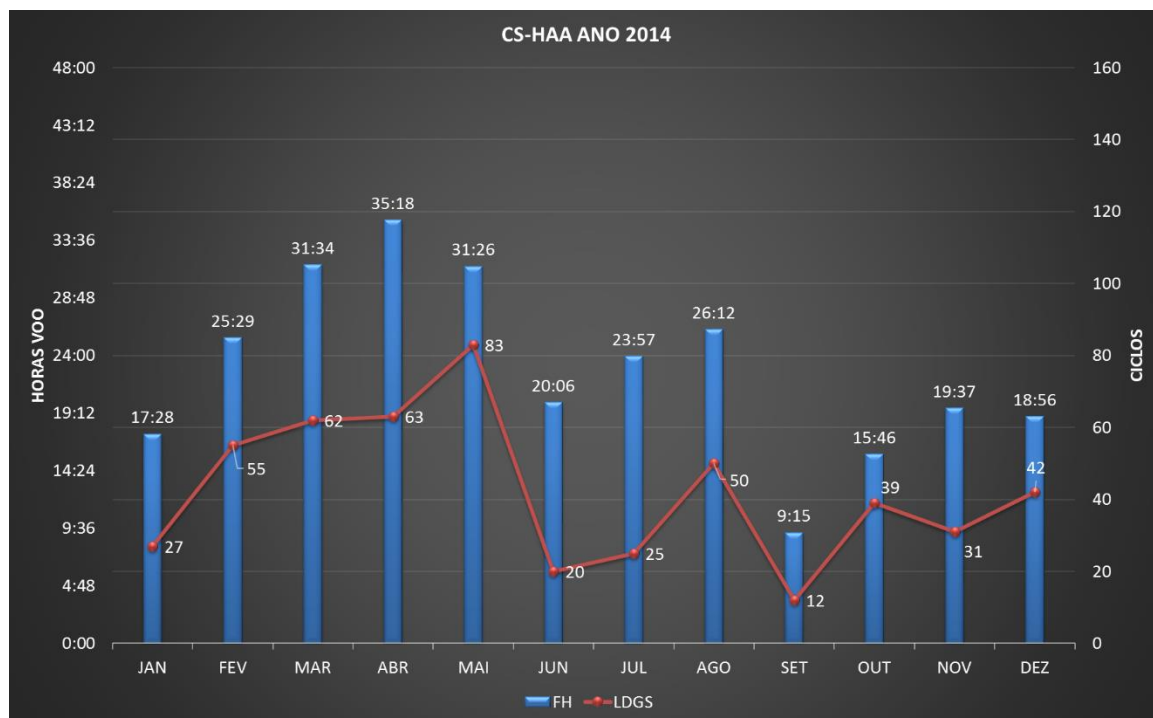


Figura 12 - Gráfico Horas Voo / Ciclos

Este gráfico anual para a aeronave CS-HAA permite visualizar a correspondência entre o total de horas voadas e os ciclos efetuados. Compreende-se que caso algumas exceções o aumento de horas de voo é acompanhado do aumento de ciclos registrados.

5.1.2 Contabilização de ocorrências por mês, PIREP/MAREP e capítulo ATA

A Tabela 10 permite a separação das ocorrências dos PIREPS e MAREPS por mês, aeronave e capítulo ATA. É necessário atentar aos meses que não registaram ocorrências como é o caso do mês de Fevereiro.

Tabela 10 - Registo de ocorrências PIREP e MAREP / Mês / ATA

OCORRÊNCIAS PIREP E MAREP FROTA 1º SEM 2014							
MÊS	ATA	CS-HAA		CS-HBB		CS-HCC	
		PIREP	MAREP	PIREP	MAREP	PIREP	MAREP
JAN	24				1		
	27		1				
	71		1				
FEV							
MAR	31		1				
	72	1					
	77						1
ABR	18			1			
	31	1			1		
	45					1	
	72					1	
MAI	24					1	
	25		2				1
	29			1			
JUN	18					1	
	24	2				2	
TOTAL		9		4		8	

Por sua vez, o conjunto representado pela Tabela 11 sintetiza as ocorrências de forma sumária, dividindo-as separadamente por mês, PIREP/MAREP e capítulo ATA. Esta representação condicional não só facilita a identificação do maior/menor valor por cada critério, mas também facilita a utilização dos dados nos gráficos representados nos subcapítulos seguintes.

Tabela 11 - Contabilização ocorrências PIREP e MAREP / Mês / ATA

OCORRÊNCIAS MÊS 1º SEM 2014		OCORRÊNCIAS ATA 1º SEM 2014	
MÊS	#	ATA	#
JAN	3	18	2
FEV	0	24	6
MAR	3	25	3
ABR	5	27	1
MAI	5	29	1
JUN	5	31	3
TOTAL	21	45	1
		71	1
		72	2
		77	1
		TOTAL	21

OCORRÊNCIAS 1º SEM 2014	
PIREP	MAREP
12	9

Na representação gráfica circular da Figura 13 é possível fazer a distinção simples do número de ocorrências por capítulo ATA. Dada a presença de vários capítulos nesta análise, não foi considerada útil a sua distinção por cores, pelo que a leitura da informação apresenta-se facilitada.

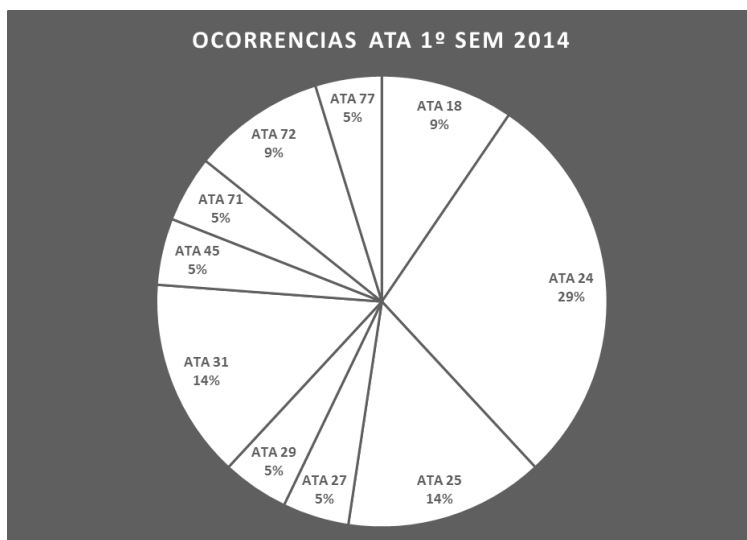


Figura 13 - Representação gráfica de ocorrências por capítulo ATA

5.1.3 Ocorrências por hora de voo

Ainda com o tipo de dados registados por via da informação adequada na Tabela 11 onde é possível contabilizar o total de ocorrências no período em análise, e com o registo de horas de voo da frota como exemplificado na Tabela 9, é possível correlacionar o número de ocorrências reportadas por horas de voo em cada mês. O resultado desta relação está exemplificado na Figura 14, para o 2º semestre 2014.

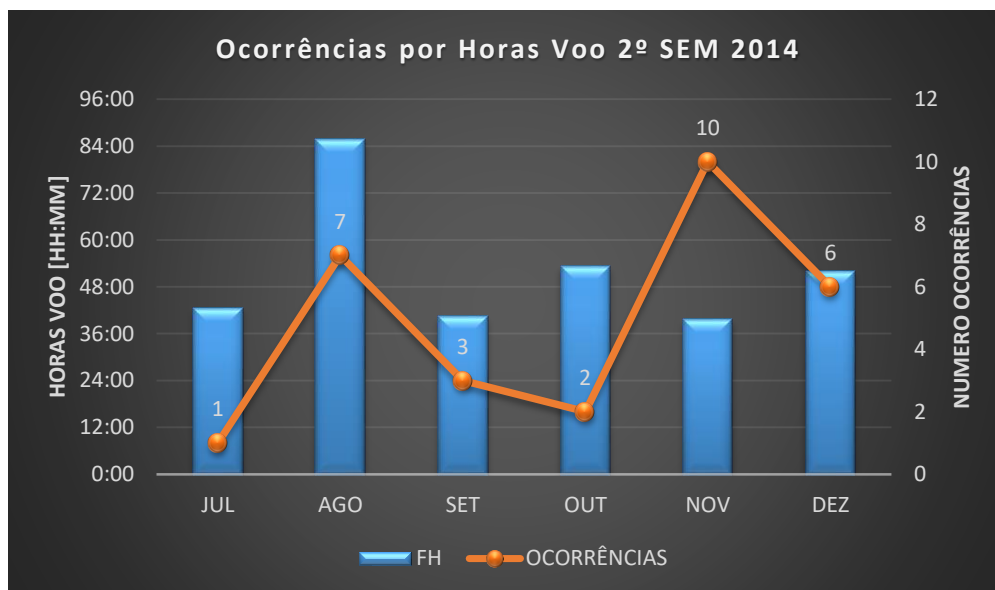


Figura 14 - Gráfico Ocorrências / Horas de Voo

Este gráfico é importante pois permite mostrar de uma forma simples uma eventual relação entre o aumento/queda do número total de ocorrências (PIREPS e MAREPS) e o aumento/queda do total de horas de voo, respectivamente. Esta suposição utiliza a lógica que quanto mais horas de voo/ciclos forem efetuados, maior será a probabilidade de falha.

No entanto, conforme conseguimos apurar pelo gráfico da Figura 14, esta relação nem sempre acontece pois o momento de falha não é previsível durante o período de vida útil do componente/sistema, conforme apresentado no capítulo 3.1. Como se pode observar no mês de novembro 2014, houve um considerável aumento do número total de anomalias reportadas sendo que o total de horas voadas diminuiu face ao mês anterior. Tal fato pode-se dever a variados fatores entre a descoberta de várias anomalias por via de uma auditoria de manutenção ou mesmo em virtude de uma mudança da tipologia de missão que poderá ter evidenciado tal desfecho no mês considerado. Nestes casos é importante estudar ao detalhe os motivos para que tal discrepância tenha sido observada, em especial se a tendência continuar a verificar-se nos meses seguintes. Os motivos estudados devem estar claros para a equipa de fiabilidade, devendo ainda estar explícitos no relatório periódico para a autoridade nacional.

5.1.4 Análise global de queixas por ATA

A Figura 15 mostra-nos o gráfico representativo dos resultados da análise de ocorrências registadas na frota no período total compreendido entre janeiro 2014 e junho 2015.

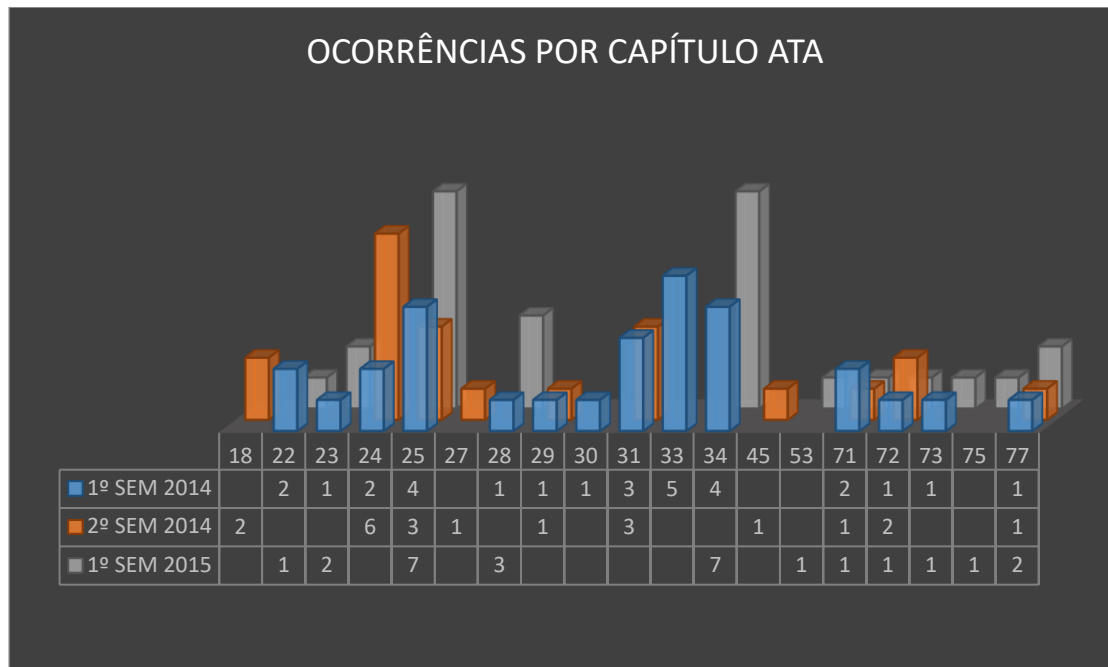


Figura 15 - Ocorrências / ATA / Semestre

De forma a tornar a sua leitura mais fácil estão apenas representados os capítulos ATA que evidenciaram ocorrência(s) durante este período. Desta forma, é possível comparar a incidência de ocorrências relativas a um capítulo ATA específico em contraste com os restantes. Assim, para o exemplo representado, é possível constatar que os capítulos 25 (Equipamento) e 34 (Navegação) evidenciam-se dos demais pelo maior número de ocorrências registadas.

A maior incidência de ocorrências no capítulo referente ao equipamento tem que ver com os componentes e sistemas externos que são adicionados à célula de forma a cumprir os requisitos de missão.

O balde de água ou *bambi bucket* (Figura 16), nome pelo qual é vulgarmente conhecido, e todo o sistema que o suporta é um claro exemplo do equipamento que pode ser adicionado/removido de forma a suprir as exigências da missão à qual está sujeito. Devido à complexidade e imprevisibilidade de uma operação de combate a incêndios, este tipo de equipamento é propício a um maior número de ocorrências.



Figura 16 - Kamov Ka-32 com *bambi bucket*

5.1.5 Nível de alerta e taxa de queixas PIREP & MAREP por 100 ciclos

A metodologia utilizada através dos seguintes cálculos tem como objetivo o estabelecimento de limites para o controlo da taxa de queixas, permitindo a sua monitorização mensal de forma a alertar no momento que esta entra fora do controlo.

De forma a estudar os níveis de alerta para todas as ocorrências passadas foi necessária a elaboração de uma tabela, formatada de acordo com a Tabela 12, para cada capítulo ATA com ocorrência registada durante o período em análise.

A Tabela 12 mostra o exemplo para o capítulo que registou o maior número de ocorrências no período analisado, conforme se constata na Figura 15.

Tabela 12 - Taxa de queixas para média móvel a 3 meses

TAXA DE QUEIXAS PIREP & MAREP POR 100 CICLOS							
ATA 25 (Equipamento)							
MÊS ANO	TOTAL QUEIXAS		TOTAL CICLOS	TAXA PIREP por 100 CICLOS	TAXA MAREP por 100 CICLOS	TAXA PIREP média móvel 3M	TAXA MAREP média móvel 3M
	PIREPS	MAREP					
JAN 14			67	0,00	0,00		
FEV 14			91	0,00	0,00		
MAR 14			137	0,00	0,00		
ABR 14			95	0,00	0,00		
MAI 14			201	0,00	0,00		
JUN 14			137	0,00	0,00		
JUL 14			71	0,00	0,00	0,00	0,00
AGO 14	2		90	2,22	0,00	0,74	0,00
SET 14			61	0,00	0,00	0,74	0,00
OUT 14	1		84	1,19	0,00	1,14	0,00
NOV 14		3	57	0,00	5,26	0,40	1,75
DEZ 14	1		90	1,11	0,00	0,77	1,75
JAN 15	3		48	6,25	0,00	2,45	1,75
FEV 15			71	0,00	0,00	2,45	0,00
MAR 15			30	0,00	0,00	2,08	0,00
ABR 15	2		82	2,44	0,00	0,81	0,00
MAI 15			16	0,00	0,00	0,81	0,00
JUN 15			15	0,00	0,00	0,81	0,00

	1º SEMESTRE 2015	
k	2	
\bar{x}	0,75	0,88
σ	0,91	1,96
UCL	2,58	4,80

A tabela 12 serve como base de registo de dados com o objetivo de calcular o nível de alerta ou UCL tal como está explícito no Capítulo 3.2.3. Para tal, foi escolhido calcular a taxa de queixas através da média móvel a 3 meses de forma a evitar falsos alarmes na análise do nível de alerta.

Nas colunas Total Queixas PIREP/MAREP e TOTAL CICLOS são inseridos os dados registados referentes ao número de ocorrências registadas para o capítulo ATA em análise e o total de ciclos efetuados pela frota por mês, respetivamente. O rácio entre estes dois fatores é obtido nas colunas de TAXA PIREP e TAXA MAREP por 100 CICLOS. Nestas colunas, para os meses em que foram registadas ocorrências será possível obter a percentagem da taxa de queixas. Quanto mais alto for este fator, maior será a sua preponderância na análise fiabilística.

Por seu lado, tendo em consideração a média móvel a 3 meses da taxa de queixas por 100 ciclos, é possível evitar falsos alarmes ao obter valores ponderados, sendo possível obter uma linha de tendência regularizada (série azul). A representação gráfica desta taxa para o tipo de reporte PIREP ou MAREP, está ilustrada nos gráficos da Figura 17 e Figura 18 respetivamente.

A linha do nível de alerta ou UCL (série verde tracejada) para o capítulo ATA é por seu lado calculada através da expressão (17). Foi escolhido o fator $k = 2$ de forma a implementar um nível de alerta congruente. Este fator aumenta o nível do desvio padrão, faz subir a linha UCL, criando uma área sob a qual a taxa de falhas é aceitável.

O nível de alerta deve ser calculado semestralmente consoante os dados obtidos do semestre anterior, tal como está representado na Figura 17.

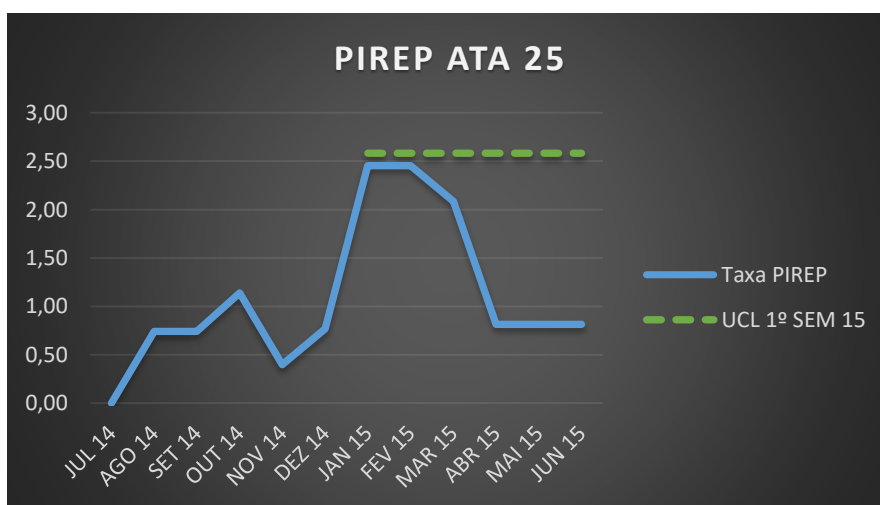


Figura 17 - Gráfico Taxa de Queixas PIREP para ATA 25

O gráfico da Figura 17 apresenta informação pertinente para o acompanhamento dos níveis toleráveis de ocorrências para o capítulo ATA 25 - Equipamento para o 1º Semestre de 2015. Da Tabela 12 é possível verificar que a taxa PIREP para os primeiros cinco meses é zero. Algo que estatisticamente não pode ser considerado como nulo pois pode não implicar a inexistência de problemas nos equipamentos, mas revela que não foi reportada informação relevante para a obtenção de resultados passíveis de análise neste gráfico.

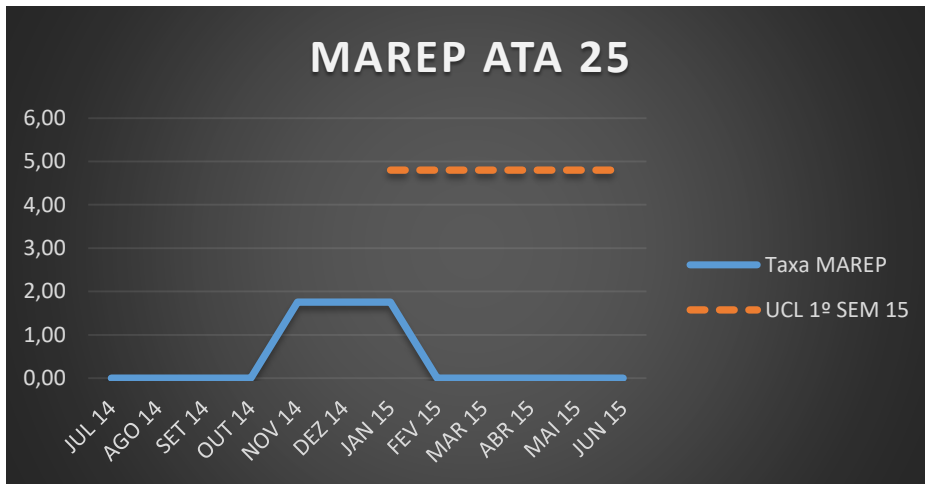


Figura 18 - Gráfico Taxa de Queiras MAREP para ATA 25

Por seu lado, a evolução da taxa de queixas que advém de reportes da equipa de manutenção para os componentes considerados do como ‘equipamento’ (capítulo ATA 25), bem como o nível de alerta para o primeiro semestre de 2015, encontram-se representado no gráfico da Figura 18. É importante lembrar que o cálculo deste alerta é feito de acordo com dados do semestre anterior.

Não poderemos considerar que estaremos taxativamente perante um problema na eventualidade da linha de tendência da taxa de queixas ultrapassar o valor definido pelo nível de alerta. Este fato deve ser encarado como um indicador de um possível problema, e deverá despoletar uma investigação aos seus acontecimentos como consequência. Tomar uma decisão neste cenário seria precipitado e desnecessário, algo que pode ser encarado como falso alerta. Por outro lado, o acontecimento de um problema comprovado na frota pode não chegar para ultrapassar o nível de alerta pelo que este método poderá se encontra desadequado para o reporte de problemas. Neste caso será necessário a adequação do nível de alerta para um patamar adequado à experiência dos acontecimentos passados.

Não obstante da categorização específica ao capítulo ATA em análise, para uma investigação mais aprofundada será necessário verificar se existe um padrão de acontecimento da falha ou de um equipamento específico. Querirá isto dizer que é importante perceber se é o mesmo componente que está a provocar as falhas ao longo do tempo ou se estas não têm relação aparente entre si, apesar de se encontrarem catalogadas dentro do mesmo capítulo ATA. Com a implementação da categorização na norma ATA Spec 2200 será possível obter uma identificação mais concreta dos problemas.

5.1.6 Taxa de falha e fiabilidade, MTBF e MTBUR – análise mensal

Para a obtenção de índices de fiabilidade para a globalidade da operação da frota, em todos os tipos de ocorrências, os parâmetros analisados terão que ser adaptados. Para o exemplo abaixo apresentado, uma vez que se pretende que a taxa de falha (λ) e a fiabilidade ($R(\Delta t)$) reflita a operação de toda a frota, é contabilizado o somatório das ocorrências das três aeronaves por mês (para o ano de 2014) independentemente da sua origem ou capítulo

ATA. Com utilização de um período mensal pretende-se obter resultados que revelem facilmente as tendências. Encontramos este somatório na Tabela 13.

Tabela 13 - Ocorrências por Mês para 2014

TOTAL FROTA ANO 2014				
MÊS	HORAS VOO	CICLOS	OCORRÊNCIAS	COM REMOÇÃO
JAN	42:39	67	3	1
FEV	46:07	91	0	0
MAR	56:52	137	3	2
ABR	52:04	95	5	2
MAI	92:41	202	5	5
JUN	49:34	137	5	1
JUL	42:34	71	1	1
AGO	85:44	90	7	7
SET	40:25	61	3	3
OUT	53:07	84	2	2
NOV	39:41	57	10	8
DEZ	52:05	90	6	2
TOTAL	653:33	1182	50	34

Para o cálculo da taxa de falha e de fiabilidade necessitaremos da contabilização mensal das horas de voo e ciclos das aeronaves. Neste caso, o número de ocorrências representa as falhas reportadas. A resolução destas falhas pode - ou não - resultar numa remoção não programada de um componente de forma a que seja possível corrigir a ocorrência.

Assim, de acordo com as equações 19 - 21, é possível obter os valores de fiabilidade tal como apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Fiabilidade Frota Ano 2014

FIABILIDADE FROTA, ANÁLISE MENSAL - ANO 2014						
MÊS	Δt	λ	R(Δt)		MTBF	MTBUR
JAN	0:38	0,070	0,956	96%	14:13	42:39
FEV	0:30	0,000	1,000	100%	-	-
MAR	0:24	0,053	0,978	98%	18:57	28:26
ABR	0:32	0,096	0,949	95%	10:24	26:02
MAI	0:27	0,054	0,976	98%	18:32	18:32
JUN	0:21	0,101	0,964	96%	9:54	49:34
JUL	0:35	0,023	0,986	99%	42:34	42:34
AGO	0:57	0,082	0,925	93%	12:14	12:14
SET	0:39	0,074	0,952	95%	13:28	13:28
OUT	0:37	0,038	0,976	98%	26:33	26:33
NOV	0:41	0,252	0,839	84%	3:58	4:57
DEZ	0:34	0,115	0,936	94%	8:40	26:02
MÉDIA	0:35	0,080	0,953	95%	16:19	26:27

A Tabela 14 está formatada de forma a que seja possível distinguir os meses em que a fiabilidade é menor que a média de 95%.

Assim valores abaixo da média estão representados em células de cor vermelha, e em oposição os valores superiores à média encontram-se representados em células de cor verde.

Assim, é possível distinguir o mês de fevereiro como o mês com melhor registo de fiabilidade reportada, em oposição ao mês de novembro que registou o pior nível de fiabilidade do ano de 2014.

Para este tipo de análise é expectável que num mês sem registo de ocorrências (fevereiro 2014) a fiabilidade desse mês seja 100%.

Esta variação pode ainda ser consultada graficamente na Figura 19.

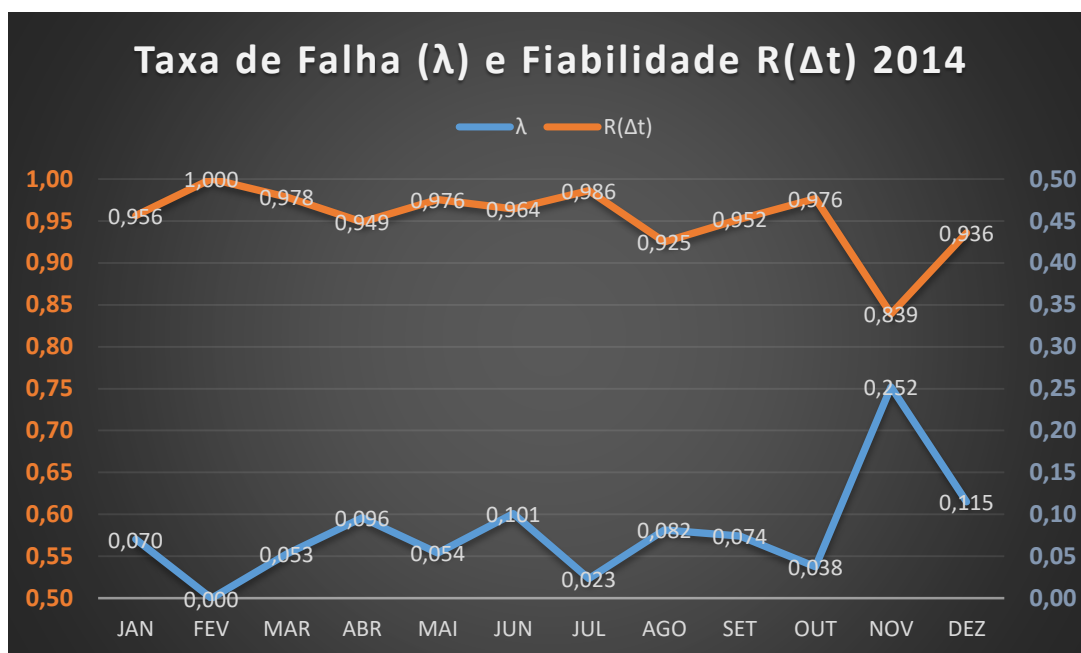


Figura 19 - Taxa de Falha (λ) e Fiabilidade $R(\Delta t)$ em 2014

É muito importante que sejam definidas ações a serem tomadas consoante os rácios de fiabilidade obtidos mensalmente. Tal como mencionado anteriormente, o objetivo final dos cálculos de fiabilidade é, não só compreender as razões para os valores registados, mas também efetuar uma tomada de decisão que ajude a melhorar a performance da frota e de toda a sua operação. Assim, de acordo com os resultados obtidos nesta análise, ficaria patente a necessidade de efetuar uma análise criteriosa às ocorrências do mês de novembro 2014.

Para este tipo de análise, de acordo com os resultados dos MTBF e MTBUR na Tabela 14, apresenta-se na Figura 20 os gráficos da evolução mensal para o ano de 2014.

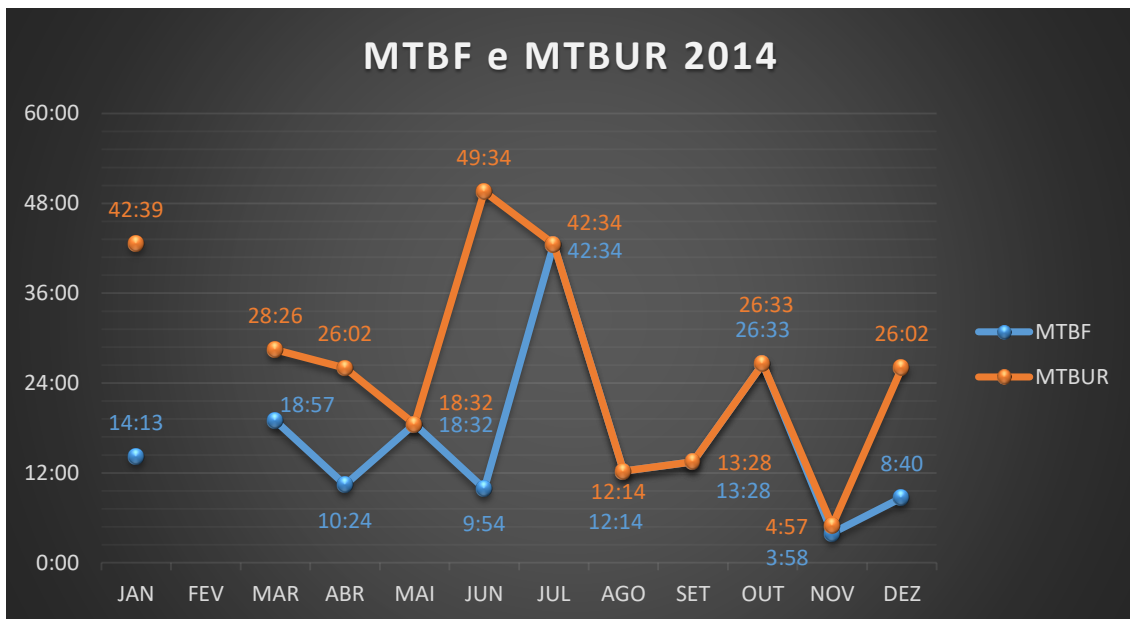


Figura 20 - MTBF e MTBUR em 2014

Como seria de esperar, o valor de MTBUR é sempre maior ou igual ao valor do MTBF. Adicionalmente, de acordo com os dados reportados, a inexistência de valor gráfico entre os meses de janeiro e março advém da ausência de falhas reportadas no mês de fevereiro.

5.1.7 Taxa de falha e fiabilidade, MTBF e MTBUR – análise acumulada

Neste subcapítulo foram considerados três semestres de observação, correspondente ao período temporal de janeiro 2014 a junho 2015. Os gráficos seguintes (Figura 21 e Figura 22) são obtidos a partir dos dados de ocorrências cumulativas mês a mês, desde o início das observações.

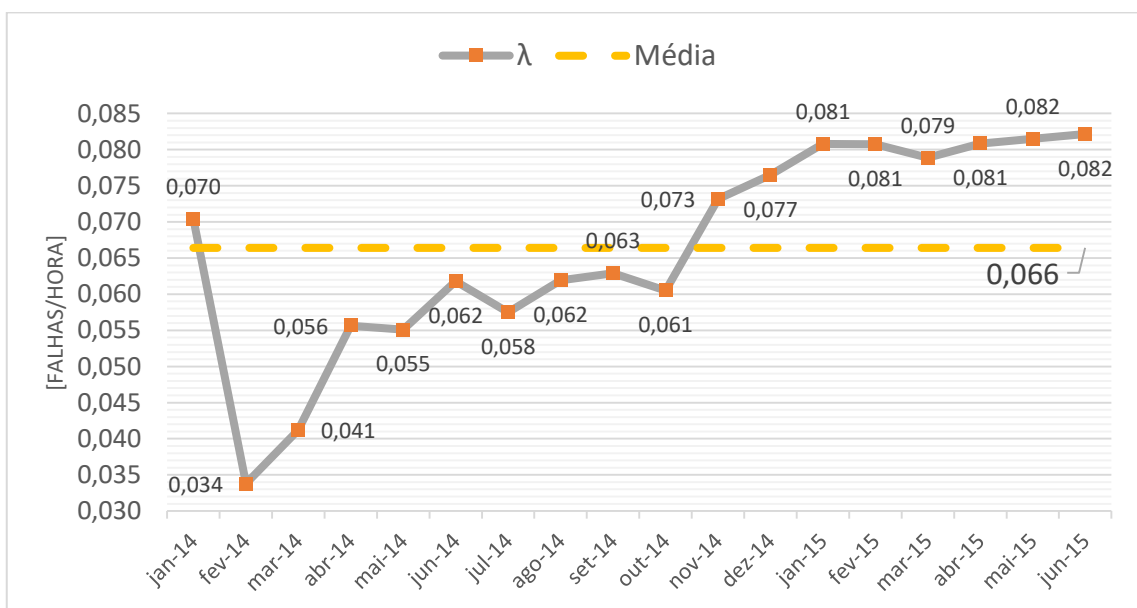


Figura 21 - Evolução da taxa de falha – análise acumulada

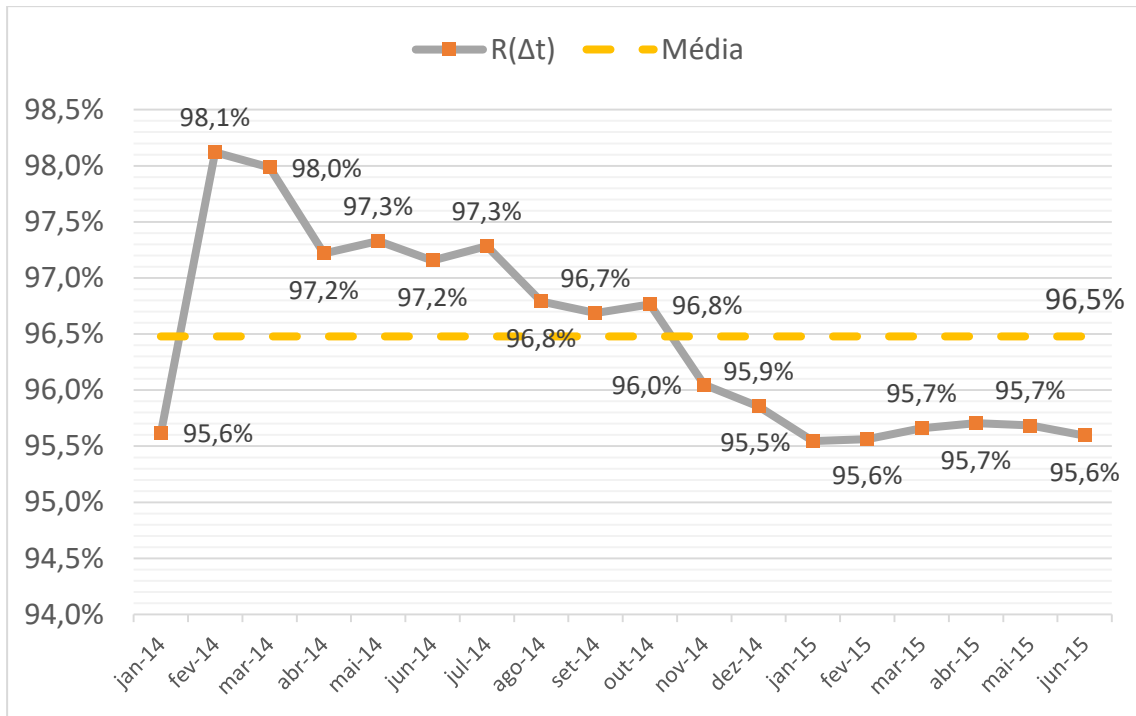


Figura 22 - Evolução da Fiabilidade – análise acumulada

A Figuras 21 e Figura 22 permitem evidenciar uma estabilização da taxa de falhas (λ) e do índice de fiabilidade $R(\Delta t)$ ao longo do tempo. Ao contrário da oscilação observada na Figura 19, o somatório acumulado ao longo dos meses permite encontrar uma tendência que converge para valores próximos das suas médias. É possível verificar esta tendência na Figura 23 e Figura 24 seguintes.

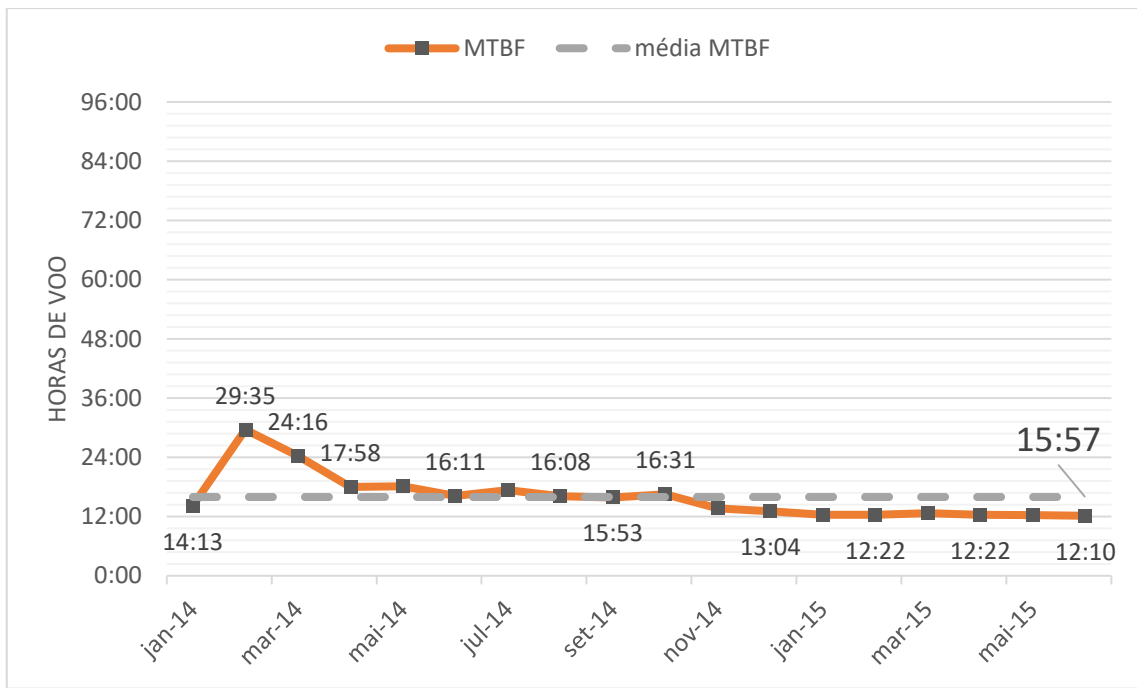


Figura 23 - Evolução MTBF – análise acumulada

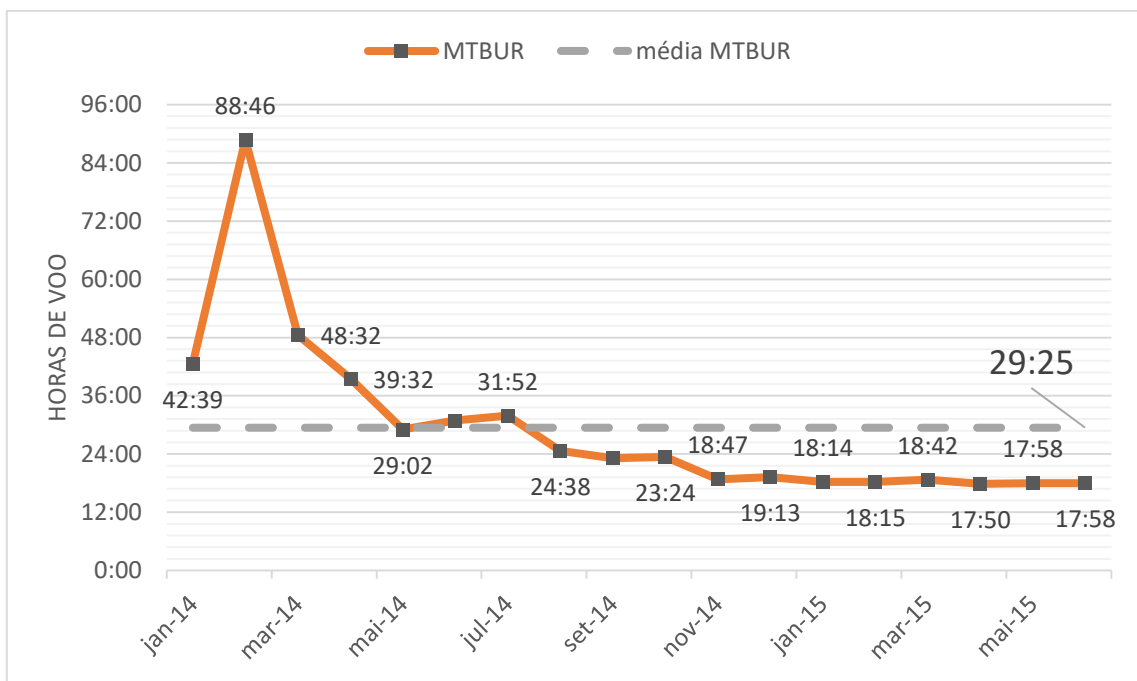


Figura 24 - Evolução MTBUR – análise acumulada

De forma a ser possível comparar o tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio entre remoções não programadas (MTBUR) são utilizadas as mesmas escalas temporais. Para o segundo caso, não só se verifica uma maior amplitude de resultados como uma maior média ao longo do tempo. Tal facto evidencia que o tempo médio para a eventual remoção de um componente ou sistema é superior ao tempo de ocorrência de falha.

Por fim, de forma a que seja possível comparar as diferenças entre as análises mensais e acumuladas, é possível encontrar no gráfico da Figura 25 as suas evoluções ao longo do período considerado.

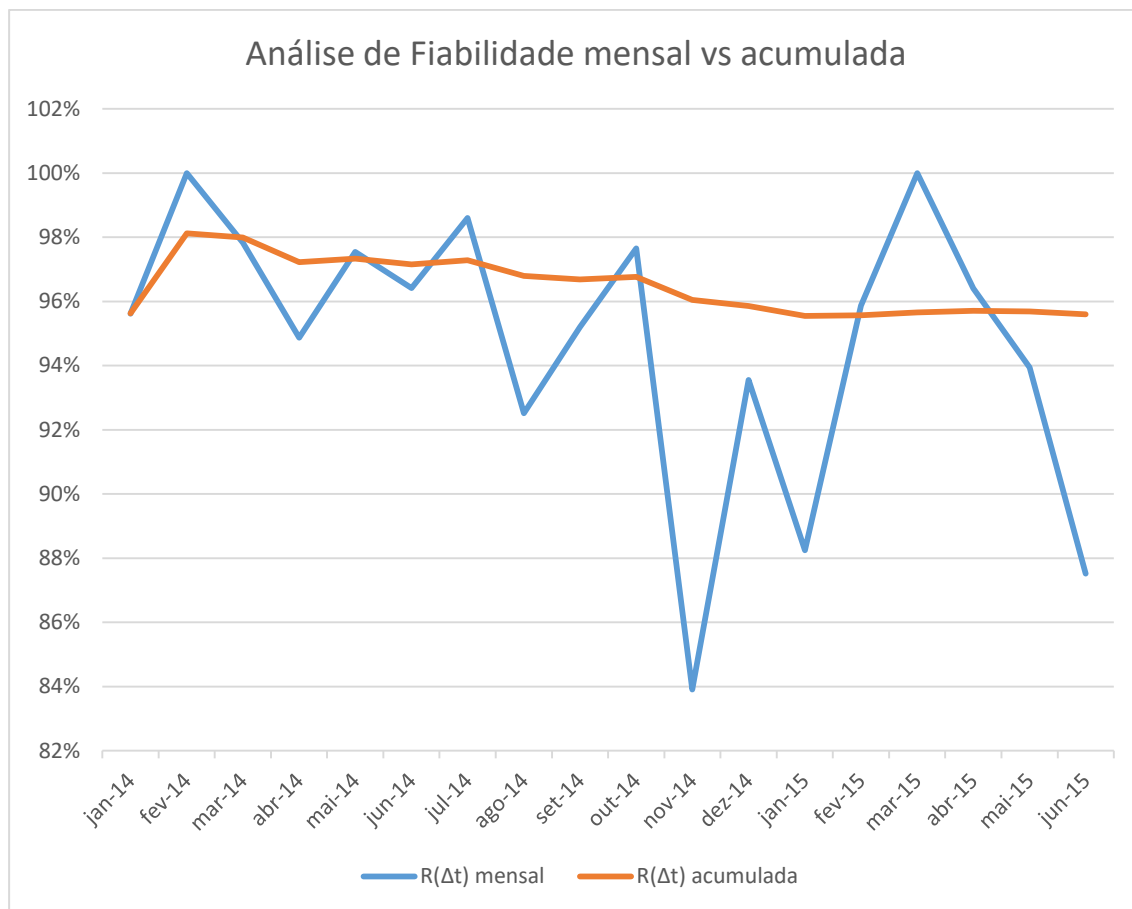


Figura 25 - Análise de Fiabilidade mensal vs acumulada

5.1.8 Rácio IFSD

Tal como foi mencionado no Capítulo 3.2.2, a importância do registo dos *In-Flight shutdown* (IFSD) de motores é crucial dentro da efetividade do Programa de Fiabilidade.

A contabilização deste fator é feita por via de um rácio por cada 1000 horas de operação de motor. No caso em estudo, o Kamov apresenta uma configuração bi-motor sendo que deve ser feita a correta identificação e análise de utilização para cada unidade dentro de cada aeronave pertencente à frota. Para o efeito desta análise, o *Auxiliar Power Unit* (APU) não é considerado para este registo.

A simples especificação deste fator para o período compreendido entre Janeiro 2014 e Junho de 2015, está representado pela Tabela 15.

Tabela 15 - *In Flight Shutdown Ratio*

HELI		S/N	EOPH	# IFSD	IFSD ratio
CS-HAA	Engine 1	TV3-117001	632:12	0	-
	Engine 2	TV3-117002	355:10	0	-
CS-HBB	Engine 1	TV3-117003	1103:05	0	-
	Engine 2	TV3-117004	1103:05	0	-
CS-HCC	Engine 1	TV3-117005	784:30	0	-
	Engine 2	TV3-117006	790:45	0	-

Como se constata, não houve qualquer IFSD no período analisado. No entanto é da responsabilidade do Diretor de Aeronavegabilidade assumir as consequências quando se verificar um rácio superior ao permitido pelas autoridades.

5.2 Relatório de fiabilidade

O registo de controlo de anomalias, mencionado no Capítulo 4.3, referencia todos os acontecimentos passados e calcula a fiabilidade dos itens com base na operação desde novo. Por seu lado, o relatório de fiabilidade, tendo em conta todos os dados do semestre mencionados no Capítulo 5.1, analisa a fiabilidade dentro deste período e explicita as suas consequências inerentes.

A ANAC sugere que o principal resultado do Relatório de Fiabilidade deve ser apresentado sob via de gráficos e tabelas ou ainda pela constituição de ambos. O formato do relatório deverá ser tal que mostre as respetivas tendências com identificação dos alertas e com realce para as situações anormais.

Assim, não só é feita uma análise do semestre considerado, mas são também obtidas projeções para os semestres seguintes como a definição do nível de alerta, por exemplo. A frota aplicável a este relatório será necessariamente a frota no âmbito do PMA aprovado mencionada no Capítulo 2.2.

De acordo com as exigências das autoridades bem como da própria empresa, considera-se que o relatório de fiabilidade apresente semestralmente os seguintes pontos:

- Tabela geral de dados

Esta tabela quantifica a utilização que ocorreu durante o período analisado. A informação contida no exemplo da Tabela 16 revela de forma sucinta e concisa os principais dados de Fiabilidade.

Tabela 16 - Tabela geral de dados de fiabilidade

Análise	Periodicidade	Semestral	
	Data início	01/01/2015	
	Data fim	30/07/2015	
	Dias calendário	184	dias
Frota	Aeronaves na frota	3	unidades
	Aeronaves em serviço	3	unidades
Utilização	Total dias p/ frota	552	dias
	Total dias c/ voo	328	dias
	Total horas voadas	339:57	h:min
	Total ciclos	729	ciclos
	Utilização média p/ voo	1:02	horas
	Média ciclos p/ voo	2,22	ciclos
	Horas p/ ciclo	0:27	horas
Fiabilidade	Falhas confirmadas	21	eventos
	Remoções não programadas	19	eventos
	IFSD	0	eventos
	Taxa de falha (λ) (média)	0,058	falha/hora
	MTBF (média)	22:12	h:min
	MTBUR (media)	31:45	h:min
	Rácio IFSD	N/D	-

- Gráfico horas de operação e ciclos

Através deste gráfico é possível verificar se existe uma correspondência entre as horas voadas e os ciclos efetuados. Se não houver um acompanhamento da tendência entre estes dois fatores, pode ficar evidente uma utilização fora do esperado. Podemos ver um exemplo através do gráfico da Figura 12.

- Gráfico registo de anomalias por mês (PIREP/MAREP)

O objetivo deste gráfico é evidenciar a origem dos reportes. Meses com maiores ocorrências reportadas ficaram também em evidência.

- Gráfico registo de anomalias por ATA

A representação do número de anomalias em função do capítulo ATA permite avaliar com rigor a ocorrência de anomalias em Capítulos ATA mais frequentes. Podemos encontrar um exemplo na Figura 13.

- Calculo dos níveis de alerta

Com a obtenção dos dados do período em análise, deve-se calcular o nível de alerta ou UCL de acordo com a equação 17 para servir de referência para o semestre seguinte.

- Tabela Identificação dos itens (análise componentes)

De acordo com o registo e controlo desenvolvido no Capítulo 4.3, os itens considerados relevantes para o estudo da fiabilidade no semestre devem ser apresentados numa tabela.

- Taxa de Falha, Fiabilidade, MTBF, MTBUR e Rácio IFSD

Estes resultados deveram ser apresentados de acordo com os exemplos elaborados entre a Figura 19 e Figura 25. É ainda necessário referenciar os índices referentes aos meses anteriores como termo de comparação. Tal como mencionado no Capítulo 3.1, a fiabilidade histórica permite verificar se o desempenho dos parâmetros está a decorrer uniformemente, de acordo com o tipo de operações da frota.

- Ações Corretivas

Após a identificação dos componentes ou sistemas por via dos resultados do PF, devem ser sugeridas medidas corretivas ou de melhoria das performances. Estas ações terão que ser aprovadas em reunião de fiabilidade.

- Reuniões de Fiabilidade

Os resultados das reuniões de fiabilidade deverão estar mencionados no seu relatório. O grupo escolhido para o controlo da fiabilidade deverá analisar a efetividade das decisões passadas e, de acordo com os resultados do presente relatório, não só decidir em concordância, mas também estabelecer o que se propõem a alcançar no relatório de fiabilidade seguinte.

- Conclusões

Por fim, a última parte do relatório deve conter as principais interpretações dos resultados ao longo do relatório. É importante mencionar os aspetos mais relevantes que marcaram a análise de fiabilidade no período considerado. Desta forma será possível compreender o processo de análise efetuado pela equipa de fiabilidade e as soluções propostas de forma a ambicionar melhores índices de fiabilidade.

Capítulo 6

Conclusão e Recomendações

6.1 Conclusões

Este trabalho, tal como outros, está enquadrado dentro de exigências muito particulares de controlo de aeronavegabilidade no que toca não só às necessidades da empresa, mas também da legislação na qual se enquadra. Como tal, sendo o principal objetivo de estudo a implementação de um Programa de Fiabilidade adequado à frota Kamov da Everjets, acredita-se ter exposto os pressupostos necessários indo de encontro com as expectativas iniciais.

É importante referir que, por via da inexistência de implementação por parte de outras empresas similares de programas de fiabilidade para helicópteros numa pequena frota, o desafio em encontrar metodologias adequadas limita o impacto dos resultados obtidos ao longo do Capítulo 4 e Capítulo 5. Não obstante, acredita-se que a estrutura montada pelo PF possa permitir uma maior perceção e controlo sobre as operações e a manutenção de forma a melhorar constantemente os índices de fiabilidade aqui mencionados.

A escolha da metodologia constituída pelo reporte de ocorrências, análise e decisão e registo e controlo de falhas comprova que através da simples uniformização de reportes e tratamento da informação é possível criar uma base de trabalho efetiva que completa as carências de estudo nesta matéria.

Conclui-se que, a nível de resultados alcançados, os gráficos e tabelas produzidas carecem de uma maior quantidade de dados, já que com menor quantidade de informação disponível, maior será a dispersão dos resultados e como tal estes serão menos confiáveis. Para tal foram utilizados cálculos com a média móvel ou a acumulação mensal de dados que permitiu a obtenção de valores mais estabilizados e realistas (ver Figura 25).

Por fim, a correta interação dos diferentes organismos é relevante para alcançar um PF adequado. Este estudo é tão ou mais importante que os seus resultados. Foi vista a importância da partilha e comparação de dados de fiabilidade entre empresas e fabricantes (algo que raramente acontece), bem como a necessidade de uniformizar os dados estudados. Para tal, com a ajuda da ANAC, acredita-se ser necessário a imposição de critérios standard para o estudo da fiabilidade. Dando o mote para outro tipo de frotas ainda não estudadas, acredita-se que este trabalho possa ser uma ajuda nesse sentido.

6.2 Sugestões e Recomendações para Trabalhos futuros

A análise de fiabilidade por via de um PF é um processo contínuo, onde a procura na melhoria do programa, e conseqüentemente uma contribuição mais eficaz na melhoria de toda a operação aérea, está em constante evolução.

Como tal, o reajuste dos níveis de alerta adequado à operação passada, mas principalmente a definição de conseqüências práticas a aplicar consoante os resultados obtidos nos gráficos deverão ser explicitados de forma objetiva. Deste modo a empresa deve estabelecer o seu modo de operação para ações futuras de caráter corretivo e principalmente, preventivo.

Devem ser definidos ao pormenor os critérios para a consideração de determinadas anomalias e falhas. Esta decisão deve ser tomada pelo diretor de aeronavegabilidade, segurança e qualidade e devem ser identificados no Manual de Fiabilidade e procedimentos internos.

Finalmente, recomenda-se que sejam dadas formações criteriosas à tripulação a bordo bem como em terra, mais concretamente a pilotos e técnicos de manutenção, que terão maior propensão em detetar e encontrar anomalias em primeira mão. O seu correto reporte revelou ser essencial para o estudo da fiabilidade.

Bibliografia

- Ahmadi, A. & Soderholm, P., 2007. *Assessment of Operational Consequences of Aircraft Failures: Using Event Tree Analysis*. IEEEAC.
- Air Transport Association, 2014. *iSpec 2200: Information Standards for Aviation Maintenance*. EUA: ATA.
- Airbus, 2006. Flight Airworthiness Support Technology. *FAST 39*.
- AIRBUS, 2015. Reliability Control Program Seminar., 2015.
- ANAC, 2010. *CTI 10-03 - Aprovação de Programas de Fiabilidade das Aeronaves*. Lisboa.
- Carinhas, H., 2006. *Fiabilidade*. ISEL - Departamento de Engenharia Mecânica.
- Comissão Europeia, 2014. *Aeronavegabilidade permanente das aeronaves e dos produtos, peças e equipamentos aeronáuticos, bem como à certificação das entidades e do pessoal envolvidos nestas tarefas*. União Europeia.
- Dennehy, P., 2015. Improved Performance through the use of Defined Metrics. In *ATA e-Business Forum.*, 2015. The Boeing Company.
- Željko, M., Borivoj, G. & Omer, P., 2007. Optimizing maintenance reliability program for small fleets. *Transport*, pp.174-77.
- European Aviation Safety Agency, 2015. *Determination of an Unsafe Condition for Risk of Rotorcraft Engine In-Flight Shut-Down (IFSD) and Power Loss*.
- Federal Aviation Administration, 2008. *Extended Operations (ETOPS and Polar Operations)*. Advisory Circular No. 120-42B. USA.
- Federal Aviation Administration, n.d. *Mechanical Reliability Report Reg n°121.703*. USA.
- Honeywell, n.d. *TFE/ ATF/ TPE Reliability Reporting Definitions*. USA.
- Kinnison, H.A. & Sidiqui, T., 2004. *Aviation Maintenance Management*. USA.
- Lafraia, J., 2001. *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Nowlan, F. & Heap, H., 1978. *Reliability-Centered Maintenance*. USA: National Technical Information Service.
- Santos, J., 2011. *Análise de Fiabilidade de Sistemas e Componentes de Helicópteros*. Lisboa: ISEL.
- Shyyenko, O. & Sousa, S., 2015. *General KA-32A11BC Familiarization Course*. Portugal.
- Smith, D., 2011. *Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers*. United Kingdom: Butterworth-Heinemann Title.
- TAP, 2005. *Com-Fia Nota de Reunião e Apontamentos*.

Anexos

Anexo 1 - CTI 15-01



CIRCULAR TÉCNICA DE INFORMAÇÃO

ADVISORY CIRCULAR

C.T.I. 15-01 – EDIÇÃO 1

ASSUNTO – Aprovação de Organizações de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade de aeronaves classificadas como Aeronaves de Estado

1.0 APLICABILIDADE

Todas as organizações que pretendam efectuar a gestão da continuidade da aeronavegabilidade de aeronaves classificadas como Aeronaves de Estado, inscritas no Registo Aeronáutico Nacional.

2.0 DATA DE ENTRADA EM VIGOR

24 de Abril de 2015.

3.0 OBJECTIVO

A presente CTI estabelece os requisitos para aprovação das organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade de aeronaves classificadas como Aeronaves de Estado.

Esta CTI não é aplicada às aeronaves constantes do Anexo II do Regulamento Europeu (CE) N.º 216/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Fevereiro de 2008, e as utilizadas nos tipos de operações identificadas no n.º. 2(a) do artigo 1.º. Do Regulamento europeu (CE) N.º. 216/2008 do Parlamento europeu e do Conselho, que são objecto de um regulamento próprio.

4.0 DESCRIÇÃO

4.1 Introdução

As organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade referidas no parágrafo 1.0 encontram-se sujeitas a aprovação por parte da ANAC através de ofício.

A aprovação destas organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade encontra-se dependente do cumprimento do disposto na presente CTI.

Constituem requisitos técnicos o conjunto de requisitos "Parte M Subparte G" (Anexo I Regulamento (EU) Nº. 1321/2014) com excepção daqueles cujo conteúdo conflitue factualmente com os objectivos da presente aprovação.

A supervisão do cumprimento dos requisitos aplicáveis às organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade objecto do presente CTI será assegurada pela ANAC, podendo a certificação ser objecto de suspensão, limitação, cancelamento ou alteração, sempre os mesmos deixem de ser cumpridos.

4.2 Condições específicas

Uma organização que pretenda assegurar a gestão da continuidade da aeronavegabilidade ao abrigo da presente CTI, deverá apresentar os seguintes documentos, 90 dias antes da data pretendida para a emissão do respectivo certificado:

- a) Carta solicitando a aprovação da organização de gestão da continuidade da aeronavegabilidade;
- b) Manual de gestão da continuidade da aeronavegabilidade elaborado à semelhança do M.A.704 da Parte M Subparte G;
- c) Programa de manutenção da aeronave para aprovação pela ANAC;

O manual de gestão da continuidade da aeronavegabilidade deverá ter em conta as especificidades desta aprovação, nomeadamente, a gestão das Directivas de Navegabilidade, os requisitos nacionais para a aprovação de modificações/reparações e a contínua validade das licenças de voo das aeronaves.

Todo o pessoal envolvido em actividades de gestão da continuidade da aeronavegabilidade ao abrigo desta CTI deverá estar sensibilizado para os requisitos nacionais associados à presente aprovação.

5.0 VALIDADE DAS APROVAÇÕES

A aprovação ao abrigo da presente CTI, mantém-se válida sempre que for cumprido o respectivo manual de gestão da continuidade da aeronavegabilidade aprovado pelo ANAC, ou se mantiver actualizado face à actividade da organização e às aeronaves nela envolvida.

6.0 REFERÊNCIAS

- Decreto Lei n.º 66/2003 de 7 de Abril
- Regulamento Europeu (CE) N.º 216/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Fevereiro.
- Regulamento (EU) N.º 1321/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de Novembro.

O PRESIDENTE DO CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO



Luis Trindade Santos

EDIÇÃO 1 DE 24 DE ABRIL DE 2015

CTI 15-01 Edição 1

Pág. 3 de 3

Anexo 2 - CTI 10-03



CIRCULAR TÉCNICA DE INFORMAÇÃO

ADVISORY CIRCULAR

C.T.I. 10-03 – EDIÇÃO 1

ASSUNTO: APROVAÇÃO DE PROGRAMAS DE FIABILIDADE DAS AERONAVES

1.0 APLICABILIDADE

Esta CTI é aplicável a todos os operadores, organizações de gestão da continuidade da aeronavegabilidade e organizações de manutenção de aeronaves.

2.0 OBJECTIVO

Esta CTI substancia os requisitos associados ao estabelecimento de um programa de fiabilidade das aeronaves de grande porte de acordo com o Anexo I Parte M (M.A.302 (f)) do regulamento EC nº.2042/2003, e define as condições para a aprovação dos programas de fiabilidade.

3.0 DATA DE ENTRADA EM VIGOR

Esta CTI entra em vigor a 02 de Agosto de 2010.

4.0 DEFINIÇÕES

4.1 Programas de Fiabilidade das Aeronaves

Por Programa de Fiabilidade entende-se um conjunto de acções de monitorização da condição da aeronave e dos seus componentes que permite medir a eficiência das tarefas de manutenção integradas no programa de manutenção, através de alertas associados à degradação das condições dos sistemas, componentes e estrutura face aos níveis espectáveis.

O programa de fiabilidade tem duas funções básicas. Primeiro através de elementos estatísticos de fiabilidade fornecer um sumário da fiabilidade da frota da aeronave e depois reflectir sobre a eficiência do programa de manutenção estabelecido. Em segundo lugar fornecer informação técnica que permita, atempadamente, através da revisão do programa de manutenção ou das suas práticas, elevar o nível de fiabilidade da aeronave.

Um programa de fiabilidade aprovado que cumpra com esta CTI, é o meio adequado para monitorização da eficácia do programa de manutenção como requerido pelo M.A.301 (4).

5.0 DESCRIÇÃO

5.1 Aplicabilidade

4.1.1 O programa de fiabilidade deverá ser desenvolvido nos seguintes casos:

- a) O programa de manutenção é baseado na lógica MSG-3; ou
- b) O programa de manutenção inclui componentes em "condition monitoring" (CM);
ou
- c) O programa de manutenção não define intervalos de revisão geral ("overhaul") de todos os componentes dos sistemas críticos; ou
- d) Quando especificado pelo fabricante – "Maintenance planning document" (MPD) ou pelo "Maintenance review Board" (MRB) emitido pela Autoridade aeronáutica de certificação da aeronave.

4.1.2 Não será necessário desenvolver um programa de fiabilidade nos seguintes casos:

- a) O programa de manutenção é baseado na lógica MSG-1 ou 2 mas contém apenas componentes na condição de "on-condition" ou "hard time"; ou
- b) A aeronave não é considerada grande de acordo com a Parte M (PMD igual ou inferior a 5.700Kg); ou
- c) O programa de manutenção define intervalos de revisão geral ("overhaul") para todos os componentes dos sistemas críticos.

Não obstante os parágrafos anteriores, uma organização de gestão da continuidade da aeronavegabilidade aprovada de acordo com a Parte M Subparte G pode contudo desenvolver o seu próprio programa de fiabilidade quando o considerar benéfico para melhoria do seu programa de manutenção.

4.2 Frotas com um número reduzido de aeronaves:

Entende-se por uma frota reduzida de aeronaves aquela que contém menos de 6 aeronaves do mesmo tipo.

Um programa de fiabilidade complexo poderá ser inapropriado para um operador com uma frota reduzida de aeronaves e portanto, os requisitos aplicados serem inconsequentes.

A Organização de Gestão da Continuidade de aeronavegabilidade deve adoptar um programa de fiabilidade que se adapte à dimensão e complexidade da operação da sua frota, tendo em conta o seguinte:

1. Aplicação cuidadosa dos índices de alerta obtidos face ao tratamento da quantidade de informação disponível que pode ser insuficiente, dando lugar a processos e cálculos de índices de alerta pouco significativos.
2. As áreas onde seja possível obter uma quantidade de informação suficiente de modo a que esta possa ser processada cuidadosamente e convenientemente;
3. As decisões da engenharia quando a quantidade de informação recolhida é insuficiente como a seguir se exemplifica:
 - Uma taxa nula num cálculo estatístico pode simplesmente revelar que a informação de dados estatísticos recolhidos é insuficiente, não alertando para um potencial problema;
 - Quando são utilizados índices de alerta de um simples acontecimento pode-se desencadear acções de manutenção pouco consistentes. O parecer da engenharia será importante para decidir se o alerta poderá justificar uma intervenção da manutenção;
 - Com a intervenção do parecer de engenharia o operador terá a necessidade de estabelecer contactos e fazer comparações com outros operadores que tenham o mesmo tipo de aeronaves. A comparação com a informação do fabricante é também importante.

De modo a obter com precisão um conjunto de dados fiáveis é recomendável a troca de informação e análise conjunta (pooling) com um ou mais operadores.

4.3 Engenharia

O INAC, ao aprovar os programas de manutenção e de fiabilidade do Operador, considera que quem o utiliza, O Operador ou a Organização Parte 145 contratada, o interpreta correctamente. Em qualquer dos casos, o Operador ou a Organização PARTE 145 deverão dispor de pessoal qualificado em número suficiente, com experiência em engenharia e com conhecimento e formação nos conceitos de fiabilidade.

Se não for evidenciado ao INAC que a organização possui pessoal adequadamente qualificado, o INAC poderá rejeitar a aprovação do programa de fiabilidade e consequentemente o programa de manutenção.

4.4 PROGRAMA DE FIABILIDADE

Na preparação do conteúdo do Programa de Fiabilidade e dos procedimentos associados, a Organização de Gestão da Continuidade de Aeronavegabilidade deverá ter em conta o exposto no presente parágrafo.

4.4.1 Objectivos

Apresentação de uma declaração onde estejam claramente definidos os principais objectivos do programa, referindo pelo menos:

- a) Necessidade de reconhecer uma acção correctiva;
- b) Estabelecimento da acção correctiva;
- c) Determinação da eficiência dessa acção.

A extensão dos objectivos do Programa de Fiabilidade deverá ser directamente relacionada com o âmbito. Este poderá variar de um sistema de monitorização de deficiências em componentes para um Operador pequeno e um programa de gestão da manutenção para um grande Operador.

No caso dos programas de manutenção baseados no MSG-3, o programa de fiabilidade deve monitorizar a eficiência e periodicidade adequada de todas as tarefas relacionadas com essa lógica.

4.4.2 Identificação dos itens

Os itens controlados pelo programa deverão estar claramente identificados referenciando-se, como exemplo, os seguidos pelos capítulos da ATA 2200. Quando alguns itens tais como os relacionados com a estrutura de aeronaves, motores, APU, etc. são controlados por programas em separado, os procedimentos associados deverão estar referenciados no programa (e.g. por amostragem, individualmente, por controlo de tempos de vida, ou programas de amostragem do fabricante, etc.).

4.4.3 Terminologias e definições

As terminologias e definições aplicáveis ao programa devem ser claramente identificadas. A terminologia encontra-se definida no MSG-3, Parte 145 e Parte M.

4.4.4 Fontes de informação e recolha de dados

O Programa de Fiabilidade deverá listar as suas fontes de informação e os respectivos procedimentos de transmissão de informação das fontes, juntamente com os procedimentos de recolha e recepção. Estes procedimentos deverão estar também detalhados no MOM ou MGCA, conforme aplicável.

O tipo de informação a recolher deverá estar relacionada com os objectivos do programa, e deverá ser tal que permita uma avaliação baseada na informação geral e também avaliações a qualquer reacção, tendências ou eventos individuais.

Indicam-se a seguir exemplos das principais fontes de recolha de informação:

- a) Relatórios de pilotos;
- b) Cadernetas Técnicas de voo;
- c) Terminais de acesso à manutenção de aeronaves/leitura de sistemas de manutenção utilizados a bordo das aeronaves;
- d) Cartas de trabalho de manutenção;
- e) Relatórios das oficinas;
- f) Relatórios dos testes funcionais;
- g) Relatórios de inspecções especiais;
- h) Relatórios dos armazéns;
- i) Relatórios de segurança aérea;
- j) Relatórios de incidentes e atrasos técnicos;
- k) Outras fontes: ETOPS, RVSM, CAT II/III.

Adicionalmente, às fontes normais de informação deverá ser dada a devida atenção da continuidade das condições de aeronavegabilidade e informação de segurança publicada segundo a Parte 21.

4.4.5 Apresentação da Informação

A informação recolhida pode ser apresentada de diversas formas. É aceitável a apresentação dos relatórios sob a forma gráfica ou por tabelas ou ainda pela combinação de ambos. O formato de qualquer apresentação deverá ser tal que mostre as respectivas tendências com identificação dos alertas e com realce para as situações anormais.

As apresentações deverão incluir os "NIL RETURNS" de modo ajudar o exame da informação global.

4.4.6 Exame, Análise e Interpretação da Informação

O programa deverá estabelecer o método utilizado para exame, análise e interpretação da informação obtida através do Programa de Fiabilidade.

Para mais informação relativa a estes métodos deverá ser consultado o parágrafo 6.5.6 do Apêndice I ao AMC M.A.302.

A amplitude e profundidade da análise e interpretação de engenharia deverão estar descritos no programa e deverão ter em conta, pelo menos, o seguinte:

- a) As anomalias de voo e a redução na fiabilidade operacional;
- b) Anomalias detectadas na manutenção de linha e de base;
- c) Deterioração observada durante a manutenção de rotina;
- d) Não conformidades detectadas nas oficinas de manutenção e de revisão geral "overhaul" dos componentes;
- e) Análise de modificações;
- f) Programas de amostragem;
- g) Adequabilidade das publicações e equipamento de manutenção;
- h) Eficiência dos procedimentos de manutenção;
- i) Formação de pessoal;
- j) Service Bulletins, AD's, DN's, Instruções técnicas, etc.

4.4.7 Acções correctivas

Os procedimentos e os prazos para implementação das acções correctivas e para monitorização dos seus efeitos deverão estar totalmente descritos. As acções correctivas deverão corrigir qualquer redução na fiabilidade detectada pelo programa. Estas poderão resultar em:

- a) Alterações aos procedimentos ou técnicas de manutenção e operacionais;
- b) Alterações de manutenção envolvendo a frequência e conteúdo de inspecções, testes funcionais, requisitos de revisão geral e tempos de vida limitada. Poderá resultar no escalonamento ou redução do intervalo de tarefas, adição, modificação ou eliminação de tarefas;
- c) Emendas dos manuais aprovados (p.ex. MM, crew manual);
- d) Início de modificações;
- e) Inspeções especiais por frota;
- f) Aprovisionamento de sobressalentes;
- g) Formação de pessoal;
- h) Planeamento de recursos humanos e de equipamento.

4.4.8 Responsabilidades da Organização

A estrutura da organização e do departamento responsável pela gestão do programa de fiabilidade deverão estar estabelecidos no Manual da organização, Procedimento ou Manual de Fiabilidade conforme for adoptado pela Organização Parte M Subparte G. Deverão ainda estar definidos os fluxos de responsabilidade entre departamentos (Engenharia, Produção, Qualidade, Operações etc.) relativamente ao programa, juntamente com a informação e funções de qualquer grupo de fiabilidade, bem como a participação do INAC.

6.0 PEDIDO DE APROVAÇÃO DO PROGRAMA DE FIABILIDADE DA AERONAVE

6.1 APROVAÇÃO INICIAL DO PROGRAMA DE FIABILIDADE DA AERONAVE

5.1.1 Juntamente com o requerimento **P3.10/MNP-3** (Anexo 1), a organização deverá apresentar os seguintes documentos/informação:

1. O Programa de Fiabilidade elaborado de acordo com o parágrafo 6 do Apêndice I ao AMC M.A. 302 e AMC M.B. 301 (b) e AMC M.A. 302 (d), juntamente com a carta requerendo a sua aprovação inicial e o requerimento **P3.10/MNP-3** (Anexo 1).
2. Formato e conteúdo dos relatórios periódicos;
3. Periodicidade da emissão dos relatórios e sua distribuição;
4. O formato e conteúdo dos relatórios para suporte dos pedidos para aumento dos períodos entre inspeções (escalonamento) e para emendas ao programa de manutenção aprovado. Estes relatórios devem conter informação devidamente detalhada de forma a permitir ao INAC fazer a sua própria avaliação, quando necessário.
5. Lista de verificação de cumprimento dos requisitos, nos pontos aplicáveis, **P3.10/MNP-2** (Anexo 2).

6.2 APROVAÇÃO E REVISÃO DO PROGRAMA DE FIABILIDADE

O Programa de Fiabilidade deverá descrever os procedimentos e responsabilidades relativamente à monitorização contínua da sua eficiência, e se necessário, a revisão do nível de fiabilidade requerido e índices de alerta. Deverá também detalhar a periodicidade e os procedimentos para a revisão do controlo de manutenção de rotina e não rotina (revisão progressiva, mensal, quadrimestral ou anual, procedimento para acompanhamento dos standards de fiabilidade ou índices de alerta excedidos, etc.).

Deverão estar especificadas as responsabilidades na Organização para monitorização e revisão dos respectivos níveis de fiabilidade, juntamente com as suas periodicidades.

Embora não exclusivamente, os seguintes pontos são orientadores dos critérios a ter em conta durante a revisão do Programa de Fiabilidade:

- a) Utilização (baixa, alta, sazonal);
- b) Frota comum;
- c) Índices de alerta e critérios de ajustamento;
- d) Adequacidade da informação;
- e) Auditoria aos procedimentos de fiabilidade;
- f) Formação de pessoal;
- g) Procedimentos Operacionais e de Manutenção.

5.2.1 Para revisões ao programa de fiabilidade a organização deverá enviar ao INAC:

- a) Carta requerendo a aprovação da alteração, juntamente com o requerimento **P3.10/MNP-3** (Anexo 1).
- b) Lista de verificação de cumprimento dos requisitos **P3.10/MNP-2** (Anexo 2), nos pontos aplicáveis.
- c) O programa de fiabilidade revisto.

Nota: O PF poderá ser apresentado em CD-ROM só de leitura. Neste caso, juntamente com o ofício deverá ser enviado ao INAC, em duplicado e em papel, uma tabela de revisões, contendo cada capítulo, secção, tarefa e subtarefa a serem revistos, a lista de páginas efectivas e a declaração.

7.0 REUNIÕES DE FIABILIDADE

Com uma periodicidade estabelecida no próprio programa deverão ser efectuadas reuniões de fiabilidade do "grupo de fiabilidade" da Organização de Gestão da Continuidade de Aeronavegabilidade com a presença do INAC.

As Actas de todas as reuniões de fiabilidade, juntamente com os relatórios de fiabilidade deverão ser enviados ao INAC, conforme definido no próprio programa.

8.0 REFERÊNCIAS

- Regulamento CE 216/2008 de 20 de Fevereiro do Parlamento Europeu e do Conselho, e subseqüentes revisões.
- Regulamento CE 2042/2003 de 20 de Novembro da Comissão, Anexo I – Parte M, e subseqüentes revisões.
- Decisão do Director Executivo da EASA “ED decision nº 2003/19/RM”, e subseqüentes revisões.
- Site da EASA: www.easa.eu.int
- CTI 05-05 Aprovação de Organizações de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade de Aeronaves PARTE M SUBPARTE G.
- CTI 01-01 Aprovação de Programas de Manutenção de Aeronaves.

O VOGAL DO CONSELHO DIRECTIVO



Anacleto Santos

EDIÇÃO 1 DE 2 DE AGOSTO DE 2010

Página 10 de 17

Anexo 3 - Ka-32A11BC Rotorcraft Flight Manual



AR IAC APPROVED

Section 1

SECTION 1. LIMITATIONS

OPERATING LIMITATIONS

Compliance with the limitations in this section is mandatory. Anytime an operating limitation is exceeded, an appropriate entry shall be made in the helicopter logbook. The entry shall state which limit was exceeded, the duration of time, the extreme value attained, and any additional information essential in determining the maintenance action required.

BASIS OF CERTIFICATION

This helicopter is certified in the transport category A and B in compliance with HJГ 32.29 (equivalent to FAR and Chapter 529 of the Canadian Airworthiness Manual).

TYPE OF OPERATIONS

The helicopter is approved for operation in compliance with the operating limitations specified in the RFM for VFR operations, day and night, including internal load transportation, underslung load transportation and ferry flights.

The helicopter is approved for flights in icing conditions.

OCCUPANTS LIMITATIONS

Maximum number of occupants on the board: 2 crewmembers and 13 persons essential to aerial works

When transporting underslung loads transportation of personnel essential to aerial works is prohibited.

Prior to carrying personnel essential to aerial works a crew seat located behind the co-pilot seat must be removed.

Smoking is prohibited during the whole flight.

Safety harness must be fastened in flight.

OPTIONAL EQUIPMENT

Refer to appropriate Flight Manual Supplements for additional limitations, procedures and performance data with optional equipment installed.

FLIGHT CREW LIMITATIONS

The minimum crew for helicopter VFR operations is one pilot on the left seat.

DOORS OPEN

Helicopter may be flown with crew doors open.

Flight operation is approved for the following alternative configurations:

- Both sliding crew doors fully open and secured at hover and at speeds of 0 KIAS (0 km/h IAS) to 27 KIAS (50 km/h IAS);
- One of the sliding crew doors (left or right) open for not more than 4 in (10 cm) and secured at speeds of 27 KIAS (50 km/h IAS) to 108 KIAS (200 km/h IAS).

The doors must be kept closed and locked at speeds above 108 KIAS (200 km/h IAS).

NOTE. Prior to opening any door, check if all personal equipment and flight documents are reliably fastened.

WEIGHT/CG LIMITATIONS

WEIGHT LIMITS

Maximum allowable weight.....24250 lb (11000 kg)

Refer to Fig. 1-1 for maximum allowable take-off weight versus altitude and air temperature.

Minimum gross weight.....15870 lb (7200 kg)


Ka-32A11BC
 ROTORCRAFT FLIGHT MANUAL

AR IAC APPROVED

Section 1

Example 1:

Determine: max allowable take-off weight IGE

Known: OAT +35 °C
 Pressure altitude 1000 ft
 Power rating Take-off power
 AIS OFF

Solution: Starting at +35 point at the OAT axis on the graph move up to the Pressure Altitude 1000 line. Obtained max weight exceeds the max permissible m_{MAX} – we get max allowable take-off weight of 24250 lb.

Example 2:

Determine: max allowable take-off weight IGE

Known: OAT +22 °C
 Pressure altitude 9000 ft
 Power rating Take-off power
 AIS OFF

Solution: Starting at +22 point at the OAT axis on the graph move up to the Pressure Altitude 9000 line. Moving leftwards to the Weight axis from the cross section point we get the max allowable take-off weight of 24000 lb.

**IGE HOVER – HEIGHT 6 FT
 TAKE-OFF POWER
 ANTI-ICE SYST OFF**

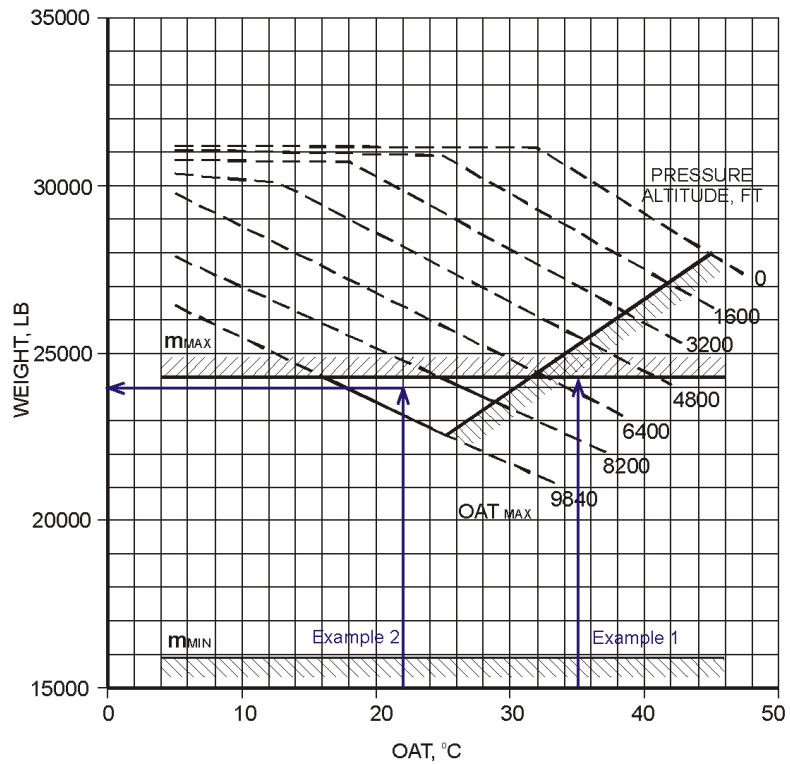


Fig. 1-1. (Sheet 1 of 2). Weight – Altitude – TO temperature limitations.
 Category B.
 (BRITISH SYSTEM)

IGE HOVER – HEIGHT 2 M
 TAKE-OFF POWER
 ANTI-ICE SYSTEM OFF

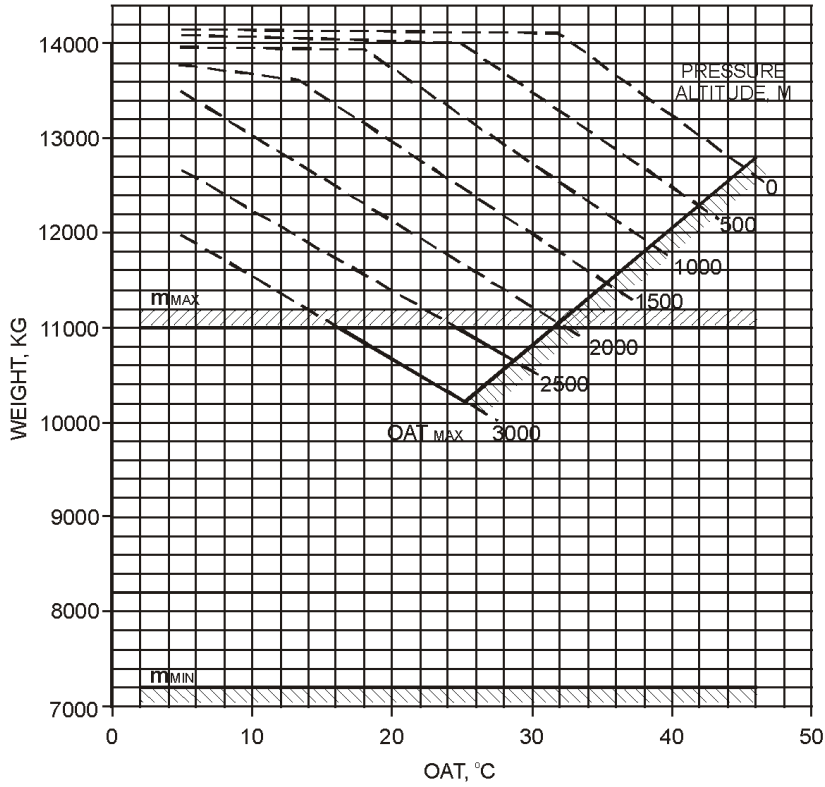


Fig. 1-1. (Sheet 2 of 2). Weight – Altitude – TO temperature limitations.
 Category B.
 (METRIC SYSTEM)

LONGITUDINAL CENTER OF GRAVITY LIMITS

Reference datum line (Station zero) is located 5.28 m (207.87 inches) forward of the main rotor axis.

Longitudinal center of gravity limits vary from stations 5.0 to 5.31 m (196.85 to 209.06 inches).

LATERAL CENTER OF GRAVITY LIMITS

Lateral center of gravity is not critical if the loads are located in compliance with the instructions of the present RFM, Section 5.

INTERNAL LOAD LOCATIONS

Maximum load weight 8157 lb (3700 kg)

Maximum allowable deck loading for cargo

- between frames No. 4 to No. 7 614 lb/sq.ft (3000kgf/sq.m);
- between frames No. 7 to No. 13 307 lb/sq.ft (1500 kgf/sq.m).

AIRSPEED LIMITATIONS

Basic V_{NE} 140 KIAS (260 km/h IAS)
at sea level.

V_{NE} is limited for ambient conditions and weights in accordance with the position of the red index on pilot ASI.

Refer to Table 1-1 for V_{NE} limits in case of airspeed limiting system failure or when the static pressure selector is switched to EMERGENCY.

V_{NE} during autorotation 95 KIAS (180 km/h IAS)

Minimum airspeed in level flight at altitudes higher than OGE hover ceiling 27 KIAS (50 km/h IAS).

Minimum airspeed during steady autorotation 54 KIAS (100 km/h IAS).


Ka-32A11BC
ROTORCRAFT FLIGHT MANUAL

WITH UNDERSLUNG LOAD WEIGHT ≤ 28000 LB (12700 KG)					
t, °C H _p ,ft	-40	-20	0	+20	+40
0	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100
4000	100	100	100	100	80
6000	100	100	100	80	60
8000	100	100	80	60	40
10000	100	80	60	40	
12000	80	60	40		
14000	60				

V_{ne}, kts

WITHOUT UNDERSLUNG LOAD WEIGHT ≤ 24250 LB (11000 KG)					
t, °C H _p ,ft	-40	-20	0	+20	+40
0	125	125	125	125	120
2000	120	125	120	120	115
4000	115	125	120	115	105
6000	110	120	115	105	90
8000	105	115	105	90	70
10000	100	105	85	70	55
12000	95	85	65	55	35
14000	85	65	50		
16000	70	45			

V_{ne}, kts

(BRITISH SYSTEM)

WITH UNDERSLUNG LOAD WEIGHT ≤ 12700 KG					
t, °C H _p ,m	-40	-20	0	+20	+40
0	190	190	190	190	190
500	190	190	190	190	190
1000	190	190	190	190	165
1500	190	190	190	170	135
2000	190	190	175	140	105
2500	190	180	145	110	70
3000	190	150	110	70	
3500	160	120	75		
4000	125	80			
4500	90	75			
5000	55				

V_{ne}, km/h

WITHOUT UNDERSLUNG LOAD WEIGHT ≤ 11000 KG					
t, °C H _p ,m	-40	-20	0	+20	+40
0	230	230	230	230	220
500	225	230	230	220	210
1000	215	230	220	210	200
1500	210	225	215	205	190
2000	205	220	210	190	160
2500	195	210	195	160	130
3000	190	200	165	135	105
3500	180	170	135	105	70
4000	175	140	105	70	
4500	150	110	70		
5000	120	75			

V_{ne}, km/h

(METRIC SYSTEM)

 Table 1-1. V_{NE} limits in case of airspeed limiting system failures or when static pressure selector set to EMERGENCY position.

MANEUVERING LIMITATIONS

Acrobatic maneuvers are prohibited.

PITCH LIMITS

Maximum in straight flight during acceleration: -30 degrees

Maximum in straight flight during deceleration: +25 degrees

Maximum in all other modes: ±20 degrees

ROLL LIMITS

Airspeed 32 KIAS to 108 KIAS (60 to 200 km/h IAS) and pressure
altitude up to 3280 ft (1000 m) maximum bank angle: ±35 degrees

All other airspeeds and pressure altitudes above 3280 ft (1000 m)
maximum bank angle ±20 degrees

YAW LIMITS

Yaw is limited to two ball diameters of deviation to the left and right sides.

SLOPE LANDING LIMITATIONS

Slope landings are limited to slopes not exceeding 6 degrees in any direction.

ROTOR RPM (N_R) LIMITATIONS

ROTOR RPM (N_R) LIMITS – POWER ON

Maximum continuous.....	92 %
Maximum transient at airspeeds below 108 KIAS (200 km/h IAS)	98 % (not to exceed 8 s if above 92 %)
Maximum transient at airspeeds above 108 KIAS (200 km/h IAS).....	94 %
Minimum continuous.....	87 %
Minimum transient	83 % (not to exceed 30 s if below 87 %)

ROTOR RPM (N_R) LIMITS OEI

Maximum continuous.....	92 %
Maximum transient at airspeeds below 108 KIAS (200 km/h IAS)	98 % (not to exceed 8 s if above 92 %)
Maximum transient at airspeeds above 108 KIAS (200 km/h IAS).....	94 %
Minimum continuous.....	87 %
Minimum transient	83 % (not to exceed 30 s if below 87 %)
Minimum at OEI landing touchdown	73 % (not to exceed 10 s if below 83 %, 4 times during the engine service life only)

ROTOR RPM (N_R) LIMITS – POWER OFF

Maximum continuous.....	92 %
Maximum transient	98 % (not to exceed 8 s if above 92 %)
Minimum.....	ref. to Chart (fig.1-2)

Anexo 4 - Capítulos ATA Spec 2200

ATA	SEÇÃO	SUB-SECÇÃO
5	TIME LIMITS/ MAINTENANCE CHECKS	00 General 10 Time Limits 20 Scheduled Maintenance Checks 50 Unscheduled Maintenance checks
6	DIMENSIONS AND AREAS	
7	LIFTING & SHORING	00 General 10 Jacking 20 Shoring
8	LEVELING & WEIGHING	00 General 10 Weighing and Balancing 20 Leveling
9	TOWING & TAXIING	00 General 10 Towing 20 Taxiing
10	PARKING, MOORING, STORAGE & RETURN	
11	PLACARDS AND MARKINGS	00 General 10 Exterior Color Schemes and Markings 20 Exterior Placards and Markings 30 Interior Placards
12	SERVICING	00 General 10 Replenishing 20 Scheduled Servicing 30 Unscheduled Servicing
18	VIBRATION AND NOISE ANALYSIS	00 General 10 Vibration Analysis 20 Noise Analysis
20	STANDARD PRACTICES	AIRFRAME 00 Electrical Standard Items/Practices
21	AIR CONDITIONING	00 Air Conditioning - General 10 Compression 20 Distribution 30 Pressurization Control 40 Heating 50 Cooling 60 Temperature Control 70 Moisture/Air Contaminant Control

ATA SEÇÃO**SUB-SECÇÃO****22 AUTO FLIGHT**

00 General
10 Autopilot
20 Speed - Attitude Correction
30 Auto Throttle
40 System Monitor
50 Aerodynamic Load Alleviating

23 COMMUNICATIONS

00 General
10 Speech Communications
15 SATCOM
20 Data Transmission and Automatic
30 Passenger Address, Entertainment and Comfort
40 Interphone
50 Audio Integrating
60 Static Discharging
70 Audio & Video Monitoring
80 Integrated Automatic Tuning

24 ELECTRICAL POWER

00 General
10 Generator Drive
20 AC Generation
30 DC Generation
40 External Power
50 AC Electrical Load Distribution
60 DC Electrical Load Distribution

25 EQUIPMENT/FURNISHINGS

00 General
10 Flight Compartment
20 Passenger Compartment
30 Galley
40 Lavatories
50 Additional Compartments
60 Emergency
70 Available
80 Insulation

26 FIRE PROTECTION

00 General
10 Detection
20 Extinguishing
30 Explosion Suppression

27 FLIGHT CONTROLS

00 General
10 Aileron & Tab
20 Rudder & Tab
30 Elevator & Tab
40 Horizontal Stabilizer
50 Flaps
60 Spoiler, Drag Devices and Variable Aerodynamic Fairings
70 Gust Lock & Dampener
80 Lift Augmenting

ATA	SEÇÃO	SUB-SECÇÃO
28	FUEL	00 General 10 Storage 20 Distribution 30 Dump 40 Indicating
29	HYDRAULIC POWER	00 General 10 Main 20 Auxiliary 30 Indicating
30	ICE AND RAIN PROTECTION	00 General 10 Airfoil 20 Air Intakes 30 Pitot and Static 40 Windows, Windshields and Doors 50 Antennas and Radomes 60 Propellers/Rotors 70 Water Lines 80 Detection
31	INDICATING/RECORDING SYSTEMS	00 General 10 Instrument & Control Panels 20 Independent Instruments 30 Recorders 40 Central Computers 50 Central Warning Systems 60 Central Display Systems 70 Automatic Data Reporting Systems
32	LANDING GEAR	00 General 10 Main Gear and Doors 20 Nose Gear and Doors 30 Extension and Retraction 40 Wheels and Brakes 50 Steering 60 Position Indication and Warning 70 Supplementary Gear
33	LIGHTS	00 General 10 Flight Compartment 20 Passenger Compartment 30 Cargo and Service Compartments 40 Exterior 50 Emergency Lighting
34	NAVIGATION	00 General 10 Flight Environment Data 20 Attitude & Direction 30 Landing and Taxiing Aids

ATA SEÇÃO**SUB-SECÇÃO**

40 Independent Position Determining
50 Dependent Position Determining
60 Flight Management Computing

35 OXYGEN

00 General
10 Crew
20 Passenger
30 Portable

36 PNEUMATIC

00 General
10 Distribution
20 Indicating

37 VACUUM

00 General
10 Distribution
20 Indicating

38 WATER/WASTE

00 General
10 Potable
20 Wash
30 Waste Disposal
40 Air Supply

41 WATER BALLAST

00 General
10 Storage
20 Dump
30 Indication

44 CABIN SYSTEMS

00 General
10 Cabin Core System
20 In- flight Entertainment System
30 External Communication System
40 Cabin Mass Memory System
50 Cabin Monitoring System
60 Miscellaneous Cabin System

45 CENTRAL MAINTENANCE SYSTEM (CMS)

00 General
5 thru 19 CMS/Aircraft General
20 thru 49 CMS/Airframe Systems
45 Central Maintenance System
50 thru 59 CMS/Structures
60 thru 69 CMS/Propellers
70 thru 89 CMS/Power Plant

46 INFORMATION SYSTEMS

00 General
10 Airplane General Information Systems
20 Flight Deck Information Systems
30 Maintenance Information Systems
40 Passenger Cabin Information Systems
50 Miscellaneous Information Systems

47 NITROGEN GENERATION SYSTEM

ATA SEÇÃO**SUB-SECÇÃO**

49	AIRBORNE AUXILIARY POWER	00 General 10 Power Plant 20 Engine 30 Engine Fuel and Control 40 Ignition/Starting 50 Air 60 Engine Controls 70 Indicating 80 Exhaust 90 Oil
50	CARGO AND ACCESSORY COMPARTMENTS	00 General 10 Cargo Compartments 20 Cargo Loading Systems 30 Cargo Related Systems 40 Available 50 Accessory 60 Insulation
51	STANDARD PRACTICES, GENERAL	00 General 10 Investigation, Cleanup and Aerodynamic 20 Processes 30 Materials 40 Fasteners 50 Support of Airplane for Repair and Alignment Check Procedures 60 Control Surface Balancing 70 Repairs 80 Electrical Bonding
52	DOORS	00 General 10 Passenger/Crew 20 Emergency Exit 30 Cargo 40 Service and Miscellaneous 50 Fixed Interior 60 Entrance Stairs 70 Monitoring and Operation 80 Landing Gear
53	FUSELAGE	00 General 10 thru 90 (As Required) Fuselage Sections
54	NACELLES/PYLONS	00 General 10 thru 40 (As Required) Nacelle Section 50 thru 80 (As Required) Pylon
55	STABILIZERS	00 General 10 Horizontal Stabilizer or Canard

ATA SEÇÃO**SUB-SECÇÃO**

20 Elevator
30 Vertical Stabilizer
40 Rudder

56 WINDOWS

00 General
10 Flight Compartment
20 Passenger Compartment
30 Door
40 Inspection and Observation

57 WINGS

00 General
10 Center Wing
20 Outer Wing
30 Wing Tip
40 Leading Edge and Leading Edge Devices
50 Trailing Edge Trailing Edge Devices
60 Ailerons and Elevons
70 Spoilers
90 Wing Folding System

60 STANDARD PRACTICES**PROPELLER/ROTOR****61 PROPELLERS/PROPULSION**

00 General
10 Propeller Assembly
20 Controlling
30 Braking
40 Indicating
50 Propulsor Duct

62 ROTOR(S)

00 General
10 Rotor blades
20 Rotor head(s)
30 Rotor Shaft(s)/Swashplate Assy(ies)
40 Indicating

63 ROTOR DRIVE(S)

00 General
10 Engine/Gearbox couplings
20 Gearbox(es)
30 Mounts, attachments
40 Indicating

64 TAIL ROTOR

00 General
10 Rotor blades
20 Rotor head
30 Available
40 Indicating

65 TAIL ROTOR DRIVE

00 General
10 Shafts
20 Gearboxes
30 Available
40 Indicating

ATA	SEÇÃO	SUB-SECÇÃO
66	FOLDING BLADES/PYLON	00 General 10 Rotor blades 20 Tail pylon 30 Controls and Indicating
67	ROTORS FLIGHT CONTROL	00 General 10 Rotor 20 Anti-torque Rotor control (Yaw control) 30 Servo-control System
70	STANDARD PRACTICES - ENGINES	
71	POWER PLANT	00 General 10 Cowling 20 Mounts 30 Fireseals 40 Attach Fittings 50 Electrical Harness 60 Air Intakes 70 Engine Drains
72	ENGINE	00 General 10 Reduction Gear, Shaft Section (Turbo-Prop and/or Front Mounted Gear Driven) 20 Air Inlet Section 30 Compressor Section 40 Combustion Section 50 Turbine Section 60 Accessory Drives 70 By- pass Section 80 Propulsor Section (Rear Mounted)
73	ENGINE FUEL AND CONTROL	00 General 10 Distribution 20 Controlling 30 Indicating
74	IGNITION	00 General 10 Electrical Power 20 Distribution 30 Switching
75	AIR	00 General 10 Engine Anti- Icing 20 Cooling 30 Compressor Control 40 Indicating
76	ENGINE CONTROLS	00 General 10 Power Control 20 Emergency Shutdown

ATA	SEÇÃO	SUB-SECÇÃO
77	ENGINE INDICATING	00 General 10 Power 20 Temperature 30 Analyzers 40 Integrated Engine Instrument Systems
78	EXHAUST	00 General 10 Collector/Nozzle 20 Noise Suppressor 30 Thrust Reverser 40 Supplementary Air
79	OIL	00 General 10 Storage 20 Distribution 30 Indicating
80	STARTING	00 General 10 Cranking
81	TURBINES	00 General 10 Power Recovery 20 Turbo- Supercharger
82	WATER INJECTION	00 General 10 Storage 20 Distribution 30 Dumping and Purging 40 Indicating
83	ACCESSORY GEAR-BOXES	00 General 10 Drive Shaft Section 20 Gearbox Section
84	PROPULSION AUGMENTATION	00 General 10 Jet Assist Takeoff
85	RECIPROCATING ENGINE	00 General 10 Fuel Cell Stack
91	CHARTS	
97	WIRING REPORTING	
115	FLIGHT SIMULATOR SYSTEMS	