



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica



Avaliação da Implementação de Programa de Fiabilidade de Aeronaves na Força Aérea Portuguesa

FILIPE MEIRELES DE SOUSA PEDRO
(Mestre em Engenharia Aeronáutica)

Trabalho de Final de Mestrado para obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Prof. Doutor José Augusto da Silva Sobral
TCOR/ENGAER Alice Duarte Rodrigues
CAP/ENGAER Frederico Cáceres Alves

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Rui Pedro Chedas de Sampaio
Vogais:

Prof. Especialista Henrique Pereira Carinhas
Prof. Doutor José Augusto da Silva Sobral

dezembro de 2014

*“Como é que se come um elefante?
É às fatias muito fininhas...”*

Ângelo Felgueiras

Resumo

Motivado pela conjuntura da regulamentação aeronáutica militar e de alterações na Força Aérea, sentiu-se que este seria o momento oportuno para a implementação de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA) na Força Aérea Portuguesa. Para além do facto da existência de um programa desta natureza poder vir a ser obrigatória, a Força Aérea encontra-se a perder os benefícios que a análise fiabilística sistemática e organizada pode trazer à organização.

Após uma comparação dos diversos Sistemas de Armas quanto à aplicabilidade de um PFA a cada um, são abordadas as mais valias que este pode trazer e definidos os vários elementos que compõem um programa de fiabilidade.

Complementarmente, apresentam-se algumas linhas orientadoras para as análises fiabilísticas que o programa prevê, e é apresentado um relatório exemplo, com o cálculo dos indicadores aplicáveis.

Por fim, são apresentadas algumas propostas de alteração em termos de regulamentação interna, organização e necessidades formativas. É também proposto um plano de implementação, o qual prevê uma fase de teste numa frota-piloto, antes da implementação transversal a todos os Sistemas de Armas.

Palavras-chave: Fiabilidade, Manutenção Aeronáutica, Registo de Ações de Manutenção, Força Aérea Portuguesa

Abstract

Motivated by the present situation regarding the military aeronautical regulations, as well as internal changes in the Air Force, it was felt this was the right time for the implementation of an Aircraft Reliability Program (ARP) in the Portuguese Air Force. Besides the fact that the existence of a program of this nature may become mandatory, the Air Force is currently not enjoying the benefits the a systematic and organized reliability analysis may bring to the organization.

After a comparison of the multiple Weapon Systems regarding the applicability of an ARP, the potential added value that it may bring is presented and the various elements that make up the reliability program are defined.

Additionally, some guidelines are presented for the reliability analysis that the program entails. An example report, where the applicable indicators are calculated, is also shown.

Finally, some changes to the internal regulations, organization and training needs are proposed, as well as an implementation plan, that includes a test phase using a test-fleet, before extending the implementation to the remaining fleets.

Keywords: Reliability, Aircraft Maintenance, Maintenance Work Records, Portuguese Air Force

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor José Sobral, por ter aceite orientar este trabalho e pela sua constante disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas. Apesar dos meus contatos e pontos de situação raros, e do facto de não ter conseguido completar o trabalho no primeiro ano, a confiança que o professor mostrou foi importante para a minha motivação na conclusão da tese.

Quero agradecer à minha família e amigos, por toda a paciência que tiveram durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado pela vossa compreensão em todos os eventos em que não pude estar presente. O vosso apoio foi essencial para alimentar a minha vontade de terminar este trabalho e finalmente poder iniciar outros projetos que tanta vontade tenho de realizar.

Não posso deixar de agradecer também à minha chefe, Tenente-Coronel Susana Abelho. A sua "motivação agressiva" e liberdade que me concedeu foram fatores fundamentais sem os quais julgo que não seria possível ter concluído este trabalho.

Agradeço também a todos os militares da Força Aérea que se disponibilizaram para partilhar as suas opiniões e experiência. Sem a vossa contribuição, este trabalho seria apenas mais um exercício académico com pouca ou nenhuma aplicação prática. Quero agradecer especialmente ao Coronel Gustavo Silva, ao Capitão Frederico Alves, ao Tenente Ivo Pires e à Alferes Ana Silva, pelas suas contribuições e trabalho no âmbito da revisão do Dicionário de Dados e das Regras de Registo de Ações de Manutenção. Também não posso deixar de agradecer à Tenente Rute Leal e à Tenente Ana Mesquita pelas contribuições que deram no âmbito dos respetivos trabalhos de final de curso, que tive a oportunidade de apoiar.

Por fim, mas mais importante, quero agradecer à minha co-orientadora, Tenente-Coronel Alice Rodrigues. Melhor do que ninguém ela sabe das dificuldades que existiram no decorrer desta tese. Como qualquer projeto digno de interesse, houve momentos altos e baixos. No entanto, o seu entusiasmo e energia são contagiantes e capazes de gerar um impulso de motivação no final de cada reunião de acompanhamento. Não tenho grandes dúvidas que a Tenente-Coronel foi a força motriz por detrás desta tese e sem você este trabalho dificilmente teria chegado ao fim. Foi um prazer e privilégio ter tido a oportunidade de trabalhar consigo.

Índice

Resumo e <i>Abstract</i>	v
Agradecimentos	ix
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
Lista de Acrónimos	xix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Estrutura	3
2 Revisão Bibliográfica	5
2.1 Manutenção Aeronáutica	5
2.1.1 Manutenção Preventiva	6
2.1.2 Manutenção Corretiva	6
2.1.3 <i>Condition-Monitoring</i>	7
2.2 Programas de Manutenção	8
2.2.1 Manutenção orientada para o processo (MSG-1 e MSG-2)	8
2.2.2 Manutenção orientada para a tarefa (MSG-3)	10
2.3 Fiabilidade	12
2.3.1 Fiabilidade Estatística	15
2.3.2 Fiabilidade Histórica	16
2.3.3 Fiabilidade Orientada para o Evento	16
2.4 Legislação Aeronáutica	16
2.5 Fiabilidade na Força Aérea Portuguesa	18

3 Programa de Fiabilidade de Aeronaves	21
3.1 Vantagens e mais valias	21
3.2 Aplicabilidade nos Sistemas de Armas	22
3.3 Objetivos	25
3.4 Identificação de Itens abrangidos	25
3.5 Terminologia e Definições	26
3.6 Fontes de Recolha de Dados	26
3.6.1 Modelo 1M	28
3.6.2 Modelos 2M e 3M	28
3.6.3 Módulo de Gestão da Manutenção (SIAGFA-MGM)	29
3.6.3.1 OPREPs e MAREPs	31
3.6.3.2 Registos de Manutenção Programada	32
3.6.3.3 Relatórios de Deficiências ou Avarias (RDA's)	33
3.6.3.4 Avaliação de Condição	33
3.6.4 Módulo de Gestão Operacional (SIAGFA-Operações)	34
3.6.5 Módulo de Gestão de Material (SIAGFA-GESTMAT)	34
3.6.6 Módulo de Análise de Óleos (SIAGFA-MAO)	35
3.6.7 Relatórios Técnicos	35
3.6.7.1 Relatórios do Fabricante ou Operador	35
3.6.7.2 Relatórios de Reparação	36
3.6.7.3 Relatórios de Ensaios Não-Destrutivos (END)	36
3.6.8 Relatórios de Ocorrências	36
3.7 Métricas e Indicadores	37
3.7.1 Aeronaves	37
3.7.1.1 Disponibilidade de Aeronaves (DA)	37
3.7.1.2 Taxa de Cumprimento de Missão (TCM)	37
3.7.2 Sistemas	38
3.7.2.1 Índice de Anomalias (IA)	38
3.7.3 Componentes	39
3.7.3.1 <i>Time Since Instalation</i> (TSI)	40
3.7.3.2 <i>Unscheduled Removal Rate</i> (URR)	40
3.7.3.3 <i>Mean Time Between Unscheduled Removals</i> (MTBUR)	41
3.7.3.4 <i>Mean Time Between Failures</i> (MTBF)	41
3.7.3.5 <i>Verification Rate</i> (VR)	41
3.7.3.6 <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF)	42
3.7.4 Grupo de Potência	42
3.7.4.1 <i>In-Flight Shutdowns Rate</i> (IFSDR)	42
3.7.4.2 Consumo de Óleo	43
3.7.4.3 Desempenho do Motor	43

3.7.4.4	Medição de Vibrações	43
3.7.5	Célula / Estrutura	44
3.8	Relatório de Fiabilidade	44
3.8.1	Periodicidade	45
3.8.2	Definição de Níveis de Alerta	45
3.8.3	Utilização de Médias Móveis	46
3.8.4	Estrutura	46
3.9	Análise e Avaliação	48
3.9.1	Intervenientes e Responsabilidades	48
3.9.2	Processo	50
3.9.3	<i>Guidelines</i> para a Avaliação	50
3.10	Ações Corretivas e Revisão do PFA	53
3.10.1	Definição de Ações Corretivas	54
3.10.2	Revisão dos Níveis de Alerta	55
3.10.3	Revisão do Programa	56
4	Alterações Propostas	57
4.1	Documentação e Regulamentação Interna	57
4.1.1	Normas da Qualidade e Aeronavegabilidade (NQA's)	57
4.1.2	Regulamentos e Manuais da FA	58
4.1.3	Documentação Técnica	58
4.2	Organização	60
4.3	Implementação	61
4.3.1	Elaboração do Manual de Fiabilidade de Aeronaves	61
4.3.2	Frota Piloto	62
4.3.3	Formação Inicial	62
4.3.4	Implementação Geral	63
5	Conclusão e Trabalhos Futuros	65
	Bibliografia	70
	Apêndices	71
A	Análise MSG-3 de Nível II	71
B	Programa de Fiabilidade do C-295M	77
C	Glossário de Fiabilidade	79
D	Situações Operacionais de Aeronaves	87

E Modelo de Relatório de Fiabilidade	91
Anexos	107
A Modelo 1M – Relatório de Voo	107
B Modelo 2M – Registo de Manutenção de Aviões	111
C Modelo 3M – Lista de Deficiências a Corrigir	115

Lista de Figuras

2.1	Diagrama de fluxo simplificado do MSG-2	10
2.2	Diagrama de fluxo da análise de nível I do MSG-3 – categorias de falhas . .	11
2.3	Curvas de Taxa de Avaria típicas e percentagem de equipamentos a que são aplicáveis.	14
2.4	Exemplo de Árvore de Falhas de um sistema	14
2.5	Comparação do cálculo de níveis de alerta para um equipamento com utilização sazonal	15
3.1	Fontes de dados utilizadas pelo PFA e suas inter-relações	27
3.2	Comparação entre o antigo e o novo SIAGFA-MGM	30
3.3	Diagrama BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>) do processo de Gestão da Fiabilidade	51
3.4	Diagrama BPMN (<i>Business Process Model and Notation</i>) do processo de Controlo da Implementação de Ações Corretivas	55
4.1	Estrutura da documentação associadas ao SGQA	58
A.1	Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto na Segurança	72
A.2	Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto na Operação	73
A.3	Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto Económico .	74
A.4	Análise MSG-3 de nível II para falhas invisíveis com impacto na Segurança	75
A.5	Análise MSG-3 de nível II para falhas invisíveis com impacto Económico .	76

Lista de Tabelas

3.1	Levantamento, por Sistema de Armas, dos critérios para a obrigatoriedade de existência de PFA	24
3.2	Listagem de alguns "sintomas" a ter em atenção e respetivas causas possíveis	53

Lista de Acrónimos

A4A *Airlines For America*

APC Área de Planeamento e Controlo

APU *Auxiliary Power Unit*

ATA *Air Transport Association*

BPMN *Business Process Model and Notation*

CAV Código de Avaria

CLAFA Comando da Logística da Força Aérea

CM *Condition-Monitoring* (Monitorização da Condição)

DA Disponibilidade de Aeronaves

DE Departamento de Engenharia

DEP Direção de Engenharia e Programas

DMSA Direção de Manutenção de Sistemas de Armas

EASA *European Aviation Safety Agency*

ECM *Engine Condition-Monitoring* (Monitorização da Condição de Motores)

END Ensaios Não-Destrutivos

FA Força Aérea Portuguesa

FAA *Federal Aviation Administration*

GPA Gabinete de Prevenção de Acidentes

GPL *Good Performance Level*

GSA Gestão do Sistema de Armas

HO Horas de Operação

HT *Hard-Time* (Manutenção Sistemática)

HV Horas de Voo

IA Índice de Anomalias

IAM Índice de Anomalias na Manutenção

IAO Índice de Anomalias na Operação

IC Item de Configuração

ICAO *International Civil Aviation Organization*

IFSD *In-Flight Shutdowns*

IFSDR *In-Flight Shutdowns Rate*

IGFA Inspeção Geral da Força Aérea

INAC Instituto Nacional de Aviação Civil

JAA *Joint Aviation Authorities*

LCL *Lower Control Limit*

MAREP Anomalia reportada pela manutenção durante uma inspeção

MSG *Maintenance Steering Group*

MTBF *Mean Time Between Failures*

MTBUR *Mean Time Between Unscheduled Removals*

MTTF *Mean Time To Failure*

N/C Número de Cauda

NCA Núcleo de Certificação de Aeronavegabilidade

NEM Núcleo de Estruturas e Materiais

NFAC Núcleo de Fiabilidade e de Análise de Condição

- NQA** Norma da Qualidade e Aeronavegabilidade
- OC** *On-Condition* (Manutenção Condicional)
- ONU** Organização das Nações Unidas
- OPREP** Anomalia reportada pela tripulação durante a operação
- P/N** *Part-Number* (Referência de Fabricante)
- PFA** Programa de Fiabilidade de Aeronaves
- PMA** Programa de Manutenção de Aeronave
- RAMA** Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves
- RDA** Relatório de Deficiência ou Avaria
- REMAFA** Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea
- RVG** Revisão-Geral
- S/N** *Serial Number* (Número de Série)
- SA** Sistema de Armas
- SGQA** Sistema de Gestão da Qualidade e Aeronavegabilidade
- SIAGFA** Sistema Integrado de Gestão da Força Aérea
- SIAGFA-GESTMAT** Módulo de Gestão de Material do SIAGFA
- SIAGFA-MAO** Módulo de Análise de Óleos do SIAGFA
- SIAGFA-MGM** Módulo de Gestão da Manutenção do SIAGFA
- SIAGFA-Operações** Módulo de Gestão Operacional do SIAGFA
- SIAGFA-SIPA** Módulo de Prevenção de Acidentes do SIAGFA
- SOAP** *Spectrometric Oil Analysis Program*
- TCM** Taxa de Cumprimento de Missão
- TSI** *Time Since Instalation*
- UCL** *Upper Control Limit*
- URR** *Unscheduled Removal Rate*
- VR** *Verification Rate*

Dedicado à minha família
e amigos

Capítulo 1

Introdução

Desde 2009 que a Força Aérea Portuguesa (FA), por determinação do seu Chefe de Estado Maior, encontra-se a harmonizar a sua regulamentação com a da aeronáutica civil. Mais concretamente, é pretendido adequar a regulamentação de aeronavegabilidade militar aos normativos do Sistema de Aeronavegabilidade da Aviação Civil, introduzindo algumas especificidades militares.

Assim, e tendo em conta que esta regulamentação civil, em determinadas situações, assim o obriga, é necessário avaliar a exequibilidade do desenvolvimento e da implementação na FA de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA).

Foi com este fim que se desenvolveu o presente trabalho, em conjunto com a Direção de Engenharia e Programas (DEP) da Força Aérea.

1.1 Enquadramento

Presentemente, na Força Aérea Portuguesa e no Ministério da Defesa Nacional, estão a decorrer sessões de trabalho no âmbito do desenvolvimento de legislação militar relacionada com a criação da autoridade aeronáutica militar, bem como da respetiva regulamentação.

Uma das consequências deste projeto será o desenvolvimento dos Programas de Manutenção dos Sistemas de Armas da Força Aérea de acordo com um normativo ainda em aprovação, transversal a todas as frotas.

Associado a estes Programas de Manutenção estão os Programas de Controlo de Fiabilidade. Dada a natureza relativamente recente deste tipo de programas, a grande maioria dos Sistemas de Armas da Força Aérea não possui um conceito de manutenção que os preveja. Como tal, as análises de fiabilidade que são efetuadas na FA são "reativas", ou seja, apenas são despoletadas quando um problema é identificado, o que muitas vezes acontece quando o mesmo já atingiu uma dimensão considerável e causado danos materiais, de maior ou menor grau, que de outra forma poderiam ter sido evitados.

Em preparação para o trabalho futuro, a DEP encetou esforços no sentido de averiguar o tipo de Programas de Manutenção em vigor, bem como a aplicabilidade do controlo de fiabilidade nos mesmos. Este trabalho inicial foi vertido no relatório 01/2013 do Núcleo de Fiabilidade e Análise de Condição (NFAC) da DEP [1].

Nesta sequência foi desenvolvido um trabalho de final de curso por uma Oficial Técnica [2] que incidiu sobre os indicadores fiabilísticos que são possíveis de obter com os recursos de informação atualmente disponíveis. Daqui concluiu-se que é possível obter indicadores que trazem mais valia à operação das aeronaves, ainda que tenham sido identificados diversos aspetos que necessitam de ser melhorados. Estes aspetos, como por exemplo a qualidade dos dados, os procedimentos de registo e os sistemas de informação disponíveis, enquadraram-se perfeitamente no âmbito de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves.

Desta forma, verificou-se que, para além da possível necessidade do ponto de vista da legislação aeronáutica, a implementação de um PFA poderia trazer muitas vantagens para a organização, tanto ao nível da qualidade dos registos e da informação que deles depende, como da otimização da manutenção e dos custos de operação.

Paralelamente a isto, a FA está a desenvolver uma nova versão do Módulo de Gestão da Manutenção do seu Sistema Integrado de Gestão (SIAGFA), uma vez que o sistema informático atual apresenta diversas limitações, alguns problemas do ponto de vista da sua manutenção e não comporta a implementação de alguns requisitos que entretanto foram surgindo. Isto constitui uma janela de oportunidade valiosa, sendo a altura ideal para a redefinição de regras de registo e de consultas disponibilizadas, que em muito irão contribuir para a viabilidade e sucesso de um PFA.

Relacionado com este desenvolvimento, está também a decorrer uma revisão de algumas publicações e manuais associados à Manutenção de Sistemas de Armas. Como tal, não só é importante que esta revisão contemple logo a implementação do PFA, como também o trabalho desenvolvido com esta tese pode contribuir de forma significativa para a mesma.

1.2 Motivação

A motivação pessoal para a realização desta tese teve origem no interesse na área da Fiabilidade. Para além disso, sendo o mestrando um oficial da Força Aérea, pretendia realizar um trabalho que fosse útil e que trouxesse mais valia para a organização. Após abordar o Núcleo de Fiabilidade e de Análise de Condição (NFAC), tomou conhecimento da existência de uma intenção em implementar um Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA) na Força Aérea. Esta intenção já existia há algum tempo, mas a falta de disponibilidade de tempo e de recursos humanos não tem permitido ao núcleo concretizar este projeto.

Para além disso, tendo o mestrando já desempenhado funções de gestão de um Sistema

de Armas, conhece bem as limitações que os registos de manutenção possuem e o enorme valor acrescentado que a integração de análises fiabilísticas regulares na sustentação das aeronaves pode trazer.

Este trabalho constitui um grande desafio, em primeiro lugar, por se pretender implementar um programa que irá abranger e ter influência em grande parte da vasta organização que é a Força Aérea. Para além disso, tem como intuito ser realmente implementado. Como tal, foi necessário garantir, tanto quanto possível, que as inovações e alterações introduzidas são de facto implementáveis, sob pena de o trabalho ser simplesmente um exercício académico, que não é o que se pretende.

1.3 Objetivos

Esta tese teve um único objetivo principal, que foi o desenvolvimento de uma proposta de implementação de um PFA para a Força Aérea. Para alcançar este objetivo bastante abrangente, estabeleceram-se alguns objetivos específicos, nomeadamente:

- Avaliar a pertinência/utilidade da implementação total ou parcial de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves da Força Aérea Portuguesa;
- Definição das estruturas basilares para a eficácia do PFA:
 - Revisão da Terminologia associada à Manutenção Aeronáutica;
 - Revisão/Redefinição das Regras de Registo de ações de manutenção;
- Definição de Métricas e Indicadores Fiabilísticos;
- Definição dos Intervenientes do processo e respetivas Responsabilidades;
- Definição da metodologia para definição das Ações Corretivas e respetivo Plano de Implementação;
- Definição do plano de implementação do PFA.

1.4 Estrutura

Este trabalho inicia-se, no capítulo 2, com uma revisão bibliográfica que teve como objetivo fazer um enquadramento a diversos conceitos ligados à fiabilidade e à manutenção aeronáutica em geral, abordar de forma ligeira a legislação aeronáutica aplicável e em vigor e, por fim, apresentar as especificidades que a Força Aérea, como ramo militar que é, tem.

Seguidamente, o capítulo 3 consiste no ponto central do trabalho. Nele é feito um enquadramento ao PFA, é abordada a sua aplicabilidade na Força Aérea e é apresentada a

estrutura que este deverá tomar, desenvolvendo-se depois cada uma das suas componentes individuais.

O capítulo 4 apresenta depois um conjunto de propostas de alterações de diversos níveis, cuja adoção se julga necessária para a implementação do PFA.

Por fim, o capítulo 5 faz uma conclusão da tese, resumindo o trabalho efetuado e em que medida é que os objetivos propostos foram alcançados, e tece também algumas considerações relativamente a trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Manutenção Aeronáutica

Num mundo ideal, todas as máquinas seriam capazes de operar por um período de tempo infinito e mantendo sempre o nível de desempenho original de fábrica. Contudo, a realidade é que todas as máquinas estão sujeitas a desgaste e outros mecanismos de degradação, os quais podem levar a modos de falha responsáveis pela degradação, o qual é responsável pela diminuição do seu desempenho ao longo do tempo.

No caso específico de aeronaves, estas estão sujeitas, durante a sua operação, a diversos tipos de esforços e solicitações. Estas vão desde cargas aerodinâmicas, cargas devidas à propulsão, ciclos de aterragem, ciclos de pressurização, ciclos térmicos, vibrações, etc. Para além disso, o próprio ambiente em que a aeronave opera pode ser causa de degradação, sob a forma de corrosão devido a água ou químicos, danos devido a nuvens de cinzas ou impactos com aves, entre outras. Até a própria intervenção do homem pode causar danos no caso de operação incorreta ou de acidentes devido a erro humano [3].

Para fazer face a esta realidade e maximizar tanto o desempenho como a vida útil dos equipamentos é necessário realizar manutenção. Esta consiste num conjunto vasto de intervenções que têm por objetivo garantir a funcionalidade completa dos sistemas e, no caso de aeronaves, a sua aeronavegabilidade. Pretende-se que os equipamentos continuem a operar tão próximo quanto possível dos níveis de desempenho iniciais ou, pelo menos, dentro de níveis de fiabilidade aceitáveis.

A manutenção constitui então uma componente essencial da operação aeronáutica, para garantir a funcionalidade completa dos sistemas da aeronave e a aeronavegabilidade continuada da mesma.

Em termos gerais, existem dois tipos de manutenção: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Para além destes, existe ainda um conceito denominado de *Condition-Monitoring*. Estas tipologias serão detalhados nos parágrafos seguintes.

2.1.1 Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva é um tipo de manutenção que consiste num conjunto de ações regulares que têm por objetivo diminuir a probabilidade da falha ou de degradação de funcionamento de um determinado item [4]. Dentro da manutenção preventiva, existem essencialmente dois processos primários de manutenção diferentes [5]:

- **Manutenção Sistemática, ou *Hard-Time* (HT):** manutenção efetuada em intervalos de tempo ou ciclos pré-definidos, com vista a prevenir a falha. Esta manutenção é efetuada sempre, independentemente da condição do artigo em causa, e requer a sua remoção para a revisão-geral completa, parcial ou simplesmente des-carte. Este tipo de manutenção é tipicamente utilizada em componentes em que se sabe, com elevado grau de certeza, que falham após um determinado intervalo, componentes cuja falha tenha um efeito adverso na segurança ou ainda componentes sujeitos a degradação com a idade, mas para os quais não seja possível aferir a condição mediante uma inspeção (ex: borrachas);
- **Manutenção Condicionada, ou *On-Condition* (OC):** manutenção que consiste numa verificação periódica da condição de um artigo, com vista a prevenir a falha. Esta condição é depois comparada com um padrão pré-definido, para determinar se o item pode continuar em operação ou não. No caso de não passar na verificação, o componente terá de sofrer uma revisão-geral, restauro ou, pelo menos, uma substituição das peças fora da tolerância. O OC deve ser restrito a itens em que é possível aferir a sua aeronavegabilidade mediante medições, testes ou outros métodos que não impliquem a sua desmontagem (ex: rasto dos pneus, inspeções boroscópicas aos motores, análises de óleos, medição do desempenho dos motores, etc.). A grande vantagem relativamente ao HT é que permite uma maior rentabilização dos equipamentos, minimizando o desperdício de potencial causado pela remoção para manutenção cedo demais.

2.1.2 Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva, ou Inopinada, é um tipo de manutenção reativa, ou seja, é efetuada após a falha ou identificação de avaria de um item, tendo como objetivo restituir a função do mesmo [4].

Este tipo de manutenção abrange a resolução de dois grandes tipos de anomalias: as anomalias que são identificadas no decorrer da manutenção preventiva; e as anomalias que são identificadas através de uma falha de funcionamento. Consoante a gravidade ou impacto da anomalia, esta manutenção pode ser efetuada imediatamente ou ser deferida para uma outra altura em que seja conveniente (tipicamente para a próxima inspeção que estiver programada).

Os equipamentos associados ao primeiro tipo de anomalias possuem conceitos de manutenção preventiva, conforme já foi discutido na seção 2.1.1. Enquanto que as tarefas de inspeção constituem manutenção preventiva, os trabalhos de reparação das anomalias encontradas consideram-se manutenção corretiva.

Associados ao segundo tipo de anomalias, existem muitos componentes e equipamentos que cujo conceito de manutenção assenta exclusivamente na manutenção corretiva. Isto acontece tipicamente em sistemas cuja falha, quer pela sua baixa criticidade ou pela existência de redundância, não compromete a segurança da aeronave. Assim, por forma a reduzir a carga de manutenção, minimizar custos e maximizar a utilização da sua vida útil, estes componentes são operados até à falha. Apesar de não serem tão importantes do ponto de vista de estudos fiabilísticos, o Programa de Fiabilidade não os deverá excluir, uma vez que um decréscimo da vida útil destes artigos pode ser sintoma de algum problema que necessite de ser resolvido.

2.1.3 *Condition-Monitoring*

O *Condition-Monitoring* (CM), ou Monitorização da Condição, é um conceito frequentemente confundido com o *On-Condition* (OC). Uma das confusões mais comuns prende-se com o denominado *Engine Condition-Monitoring* (ECM), ou monitorização da condição de motores, que na verdade consiste num caso particular de manutenção OC.

Apesar de, à semelhança do HT e do OC, ser um processo primário de manutenção, o *Condition-Monitoring* não se trata de um conceito de manutenção preventiva, sendo utilizado quando os outros dois não são aplicáveis. É um processo que envolve a recolha e análise de dados acerca do desempenho de um determinado equipamento, taxa de falha, taxa de remoções prematuras, etc., com o objetivo de providenciar informação com a qual é possível fazer juízos acerca da condição de segurança da aeronave. Ao contrário do HT e OC, o CM não tem por objetivo prevenir a falha. Os componentes abrangidos pelo CM são operados até à falha, sendo a sua substituição ou reparação uma ação de manutenção inopinada. Por serem operados até à falha, é tipicamente aplicada a componentes cuja falha não tem um efeito adverso para a segurança, devido à existência de redundância, e que possuem uma funcionalidade evidente. Uma vez que o CM implica a monitorização de métricas e indicadores, os componentes abrangidos por este processo estão tipicamente associados ao um Programa de Fiabilidade. Nesta ótica, o *condition-monitoring* não monitoriza realmente a *condição* de um componente, mas sim a falha ou estatísticas de remoção do mesmo [5].

2.2 Programas de Manutenção

Como já referido anteriormente, todos os equipamentos, independentemente da sua fiabilidade, necessitam de algum tipo de manutenção ao longo da sua vida útil. Mesmo assim, todos eles irão acabar por atingir níveis de degradação para além de níveis aceitáveis ou falhar por completo [5].

Contudo, os componentes degradam-se e falham de formas e a ritmos diferentes, o que resulta em requisitos de manutenção corretiva erráticos e incertos. Como tal, tendo em vista a otimização, é preferível efetuar ações de manutenção preventiva, agrupadas em vagas de trabalho programadas, e geridas de modo a suavizar a carga de trabalho e estabilizar os requisitos de mão-de-obra [5]. Este planeamento é concretizado num Plano de Manutenção, o qual, se for cuidadosamente preparado e executado, maximiza a fiabilidade operacional, desempenho e aeronavegabilidade da aeronave [3].

Durante o desenvolvimento de uma nova aeronave, o fabricante desenvolve instruções básicas de manutenção e planeamento, que normalmente dividem-se em pacotes de trabalho que contêm todas as tarefas a realizar a cada período de tempo ou de operação. Estes pacotes podem variar em termos de complexidade e duração das tarefas a realizar [3]. No entanto, uma vez que cada operador possui requisitos operacionais diferentes (perfis de missão, ambiente de operação, média de horas voadas e de voos efetuados, dimensão da frota, etc.), cada um adapta o programa de manutenção inicial desenvolvido pelo fabricante, produzindo assim o seu próprio Programa de Manutenção, o qual necessita de ser aprovado pela Autoridade Aeronáutica antes de poder ser implementado.

Atualmente, existem programas de manutenção em vigor que foram desenvolvidos usando duas abordagens diferentes: a orientada para os processos, mais antiga, e a orientada para as tarefas, mais recente [5]. Apesar do facto de os programas de manutenção das aeronaves mais modernas adotarem todos a última abordagem, e de muitos fabricantes estarem a atualizar programas antigos, continuam ainda a operar muitas aeronaves assentes em programas de manutenção orientados para os processos, situação que se prevê continuar por bastantes anos. Este facto não significa que estas aeronaves operam com um risco maior, mas sim que a sua manutenção poderá não ser a mais eficiente. Contudo, por razões que se podem prender por diversos motivos (económicos, organizacionais, etc.), certos operadores consideram o investimento na mudança do conceito de manutenção como algo que não é compensatório.

2.2.1 Manutenção orientada para o processo (MSG-1 e MSG-2)

Antes da década de 1960, a indústria aeronáutica encontrava-se suportada em processos de manutenção muito restritos, resultando em programas de manutenção significativamente "pesados". Mais concretamente, na década de 1930, apenas era utilizada a manutenção sistemática [3], que obrigava à desmontagem periódica de todos os compo-

nentes da aeronave. Mais tarde, após a 2ª Guerra Mundial, foi introduzido o conceito de manutenção condicional, que veio aligeirar um pouco a carga de manutenção, apesar de apenas ser aplicada a alguns componentes com desgaste conhecido, como pneus e travões [3]. Já na década de 1960, com a introdução dos grandes jatos comerciais, a indústria realizou diversos estudos que permitiram concluir que a fiabilidade de conjuntos complexos não diminui com a idade, pelo que, nestes casos, os processos de manutenção preventiva não são adequados [3]. Desta forma foi implementado o processo de *Condition-Monitoring*.

No entanto, o desenvolvimento de programas de manutenção era um processo que não estava bem definido nem sistematizado. Foi com o desenvolvimento do Boeing 747, em 1968, que se começou a fazer uma abordagem moderna e sofisticada ao desenvolvimento desses mesmos programas [5]. Esta nova abordagem continuava a fazer uso dos três processos de manutenção primários já apresentados (HT, OC e CM), mas seguia uma lógica de decisão sistematizada.

Foram então organizadas equipas compostas por representantes dos departamentos de projeto e de programas de manutenção da Boeing, bem como representantes dos fornecedores e das companhias aéreas que iriam adquirir as aeronaves. A autoridade aeronáutica americana, a *Federal Aviation Administration* (FAA), também estava incluída, de modo a garantir que os requisitos regulamentares eram tidos em conta. Estas equipas foram organizadas em 6 grupos de trabalho: Estruturas; Sistemas Mecânicos; Motores e APU; Sistemas Elétricos e Aviónicos; Controlos de Voo e Hidráulicos; e *Zonal*. Cada grupo efetuou uma abordagem idêntica aos seus sistemas específicos, desenvolvendo um programa de manutenção inicial adequado. Para tal basearam-se na informação de operação dos sistemas, funções associadas e modos, efeitos e causas de falha. No caso de ainda não existirem dados reais de operação de um determinado item, são utilizados dados de componentes similares e de sistemas usados em modelos anteriores, bem como dados de teste do fabricante [6]. Cada item era submetido a uma análise através de uma árvore de lógica, numa abordagem denominada de *bottom up*, uma vez que olha para os componentes como as causas mais prováveis para falhas de funcionamento. Esta análise tinha como objetivo determinar qual dos três processos de manutenção primários seria necessário para manter cada item em serviço, bem como a respetiva periodicidade [5].

A lógica de decisão e procedimentos de desenvolvimento do programa de manutenção do 747 foram vertidos num documento denominado de "*Handbook MSG-1, Maintenance Evaluation and Program Development*" [3]. Esta abordagem teve tanto sucesso que foi decidido aplicar a experiência ganha na atualização do documento, de modo a poder ser aplicável ao desenvolvimento de futuras aeronaves. Assim, removeram-se as referências específicas ao 747, atualizou-se a lógica de decisão, resultando então um novo documento denominado de "*Airline/Manufacturer Maintenance Program Planning Document, MSG-2*". Este documento foi utilizado no desenvolvimento de programas de manutenção programada de aeronaves da década de 1970 como o Lockheed L-1011 e o McDonnell-Douglas

DC-10. Em 1972, foram introduzidas algumas alterações por fabricantes europeus, resultando no que veio a ser conhecido como o EMSG [3, 5].

Apesar de a lógica MSG-2 possuir um diagrama de fluxo bastante complexo, uma representação simplificada do mesmo pode ser vista na Figura 2.1.

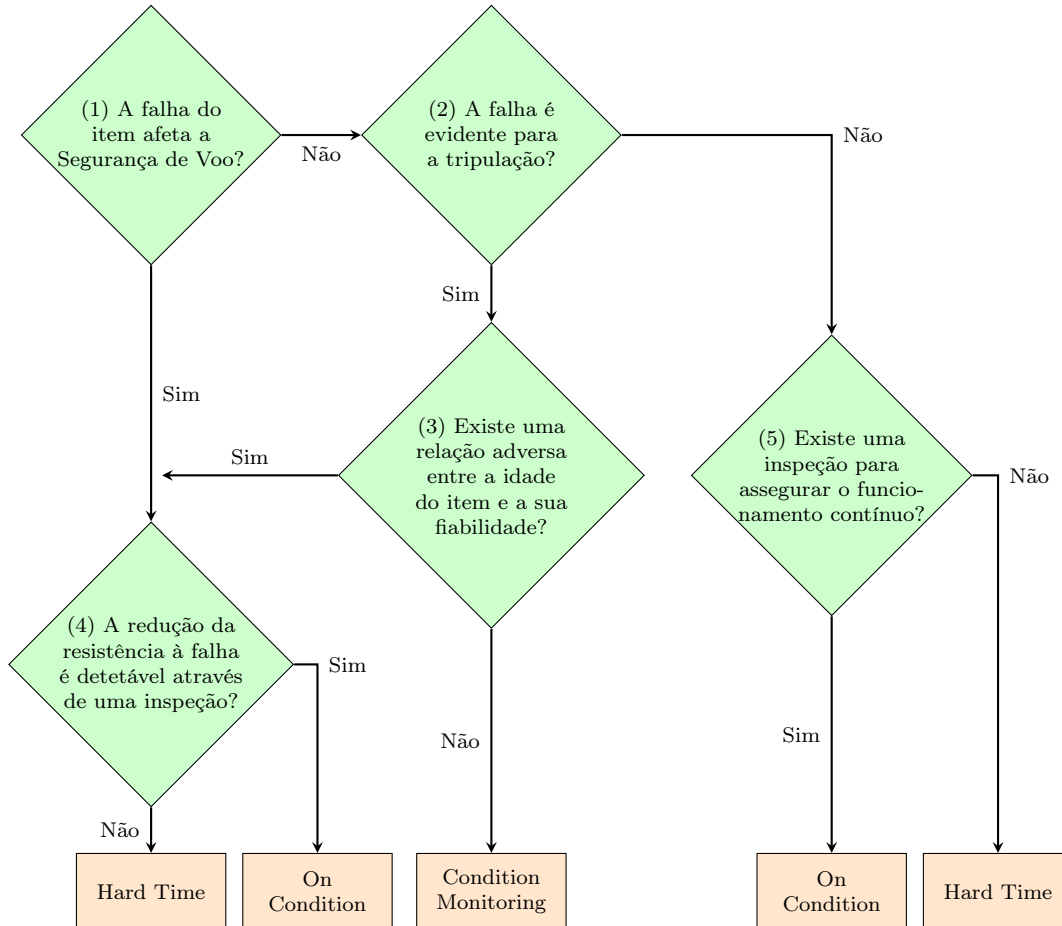


Figura 2.1: Diagrama de fluxo simplificado do MSG-2 (adaptado [5])

2.2.2 Manutenção orientada para a tarefa (MSG-3)

Em 1980, cerca de uma década após a publicação do MSG-2, a experiência dos operadores começou a indicar que uma atualização do processo de análise MSG era oportuna e apropriada. Foi então constituído um grupo de trabalho da *Air Transport Association* (ATA), atualmente denominada *Airlines For America* (A4A), o qual desenvolveu o processo MSG-3, construído sobre a fundação validada por uma década de operação aérea fiável que foi o MSG-2.

Algumas das alterações introduzidas prendem-se com a atualização devida aos avanços tecnológicos, a necessidade de ter em conta regulamentação aeronáutica entretanto emitida, a melhoria da segurança através da consideração das falhas ocultas, a redução de custos e a otimização os trabalhos de manutenção a efetuar [3, 6, 7].

Contudo, a grande diferença do MSG-3 é o facto de, ao contrário do MSG-1 e MSG-2, ser orientado para a tarefa. Esta abordagem, também designada como *top-down* ou de "consequência da falha", consiste numa análise da falha ao mais alto nível dos sistemas da aeronave, em vez de ao nível dos componentes. O importante não é se um sistema, subsistema ou componente falha, mas sim a forma como essa falha afeta a operação. As falhas analisadas são depois categorizadas em três categorias, de acordo com o impacto que produzem: Segurança, Operacional e Económico [6].

A análise MSG-3 divide-se em dois níveis. A análise de nível I, ilustrada na figura 2.2, consiste na categorização das falhas já mencionada. A análise de nível II tem por objetivo determinar as ações de manutenção necessárias para ter em conta as falhas funcionais previamente categorizadas. Uma vez que esta análise tem uma lógica mais complexa, o respetivo diagrama de fluxo encontra-se ilustrado no Apêndice A.

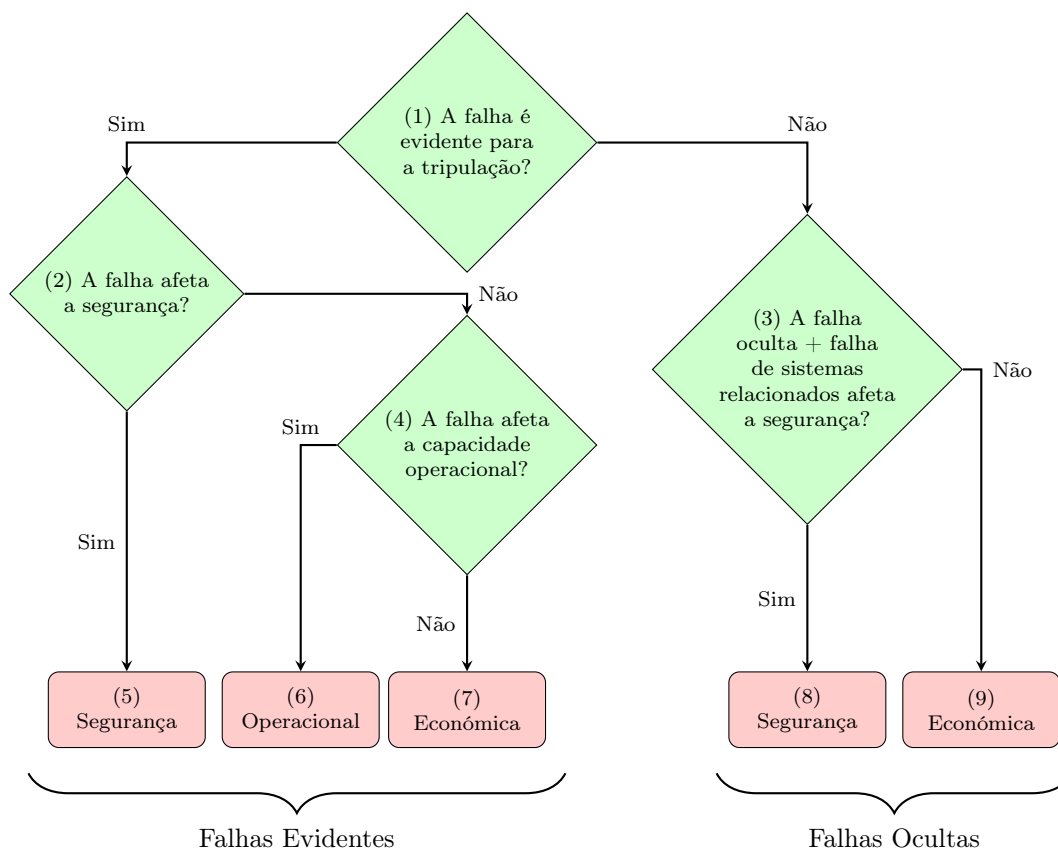


Figura 2.2: Diagrama de fluxo da análise de nível I do MSG-3 – categorias de falhas (adaptado [5])

As tarefas de manutenção que resultam da abordagem MSG-3 podem incluir tarefas de HT, OC ou CM, similares às da MSG-2. Contudo, no novo documento já não são referidas dessa forma. As novas categorias de tarefas são:

- Tarefas de Célula e Sistemas – categoria composta por 8 tarefas de manutenção: Lubrificação, *Servicing*, Inspeção, Verificação Funcional, Verificação Operacional, Verificação Visual, Restauro e Descarte;

- Tarefas de Itens Estruturais – a deterioração estrutural pode vir de três fontes: Deterioração Ambiental, Danos Acidentais e Fadiga. Para acomodar estes tipos de danos, esta categoria é composta por três técnicas de inspeção estrutural: Inspeção Visual Geral, Inspeção Detalhada e Inspeção Detalhada Especial;
- Tarefas *Zonal* – categoria de tarefas que garantem que todos os sistemas e componentes contidos numa determinada zona da aeronave recebem vigilância adequada para a determinação da sua segurança e condição geral.

O documento MSG-3 tem sofrido várias revisões ao longo do tempo, tendo a última sido em 2013. Algumas das alterações entretanto introduzidas passam pela inclusão de uma tecnologia recente denominada de *Structural Health Monitoring*, ou monitorização da integridade estrutural e pela criação de uma norma para a evolução e refinamento dos programas de manutenção já implementados, através dos dados da operação e da manutenção efetuada pelos operadores [6].

2.3 Fiabilidade

Em linhas gerais, a fiabilidade está associada à ideia de operação bem sucedida, ausência de avarias ou disponibilidade de equipamentos [8]. Conforme já foi discutido na secção 2.1, todos os equipamentos estão sujeitos a mecanismos de degradação. A taxa associada a esta degradação está relacionada com a taxa de avarias de um equipamento e, conseqüentemente, com a sua fiabilidade. Aliando a este facto a eventual redundância de equipamentos que possa ser utilizada, passa-se a falar da fiabilidade de um determinado sistema.

Em termos mais concretos, a falha de um equipamento é um acontecimento de natureza aleatória, mas à qual está associada uma probabilidade que varia ao longo do tempo, derivada do desgaste anteriormente mencionado. Assim, a fiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um dado item cumprir a função que lhe é requerida, operando sob condições e durante um intervalo de tempo previamente especificados [8].

Sendo a fiabilidade uma probabilidade, esta pode ser calculada. A fiabilidade é geralmente representada como uma função do tempo, $R(t)$, a qual varia entre 1 para $R(0)$ (é certo que o item não irá falhar) e 0 para $R(\infty)$ (é certo que o item irá falhar), calculando-se da seguinte forma:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(x)dx \quad (2.1)$$

em que $f(x)$ é a denominada função de densidade de fiabilidade. Esta representa a taxa de componentes que falham por unidade de tempo, no instante t , em relação ao número de componentes inicial da amostra [8]. Para a definição desta função é escolhida a distribuição de probabilidade que mais se aproxima do comportamento do item. Algumas das mais

utilizadas são a distribuição normal, a distribuição exponencial negativa e a distribuição de Weibull. Esta função calcula-se então da seguinte forma:

$$f(x) = -\frac{1}{N_0} \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (2.2)$$

em que N_0 é o número de itens na amostra inicial e $N_f(t)$ é o número de itens que falharam até ao instante t .

Introduzindo também o conceito de taxa de avarias, $\lambda(t)$, esta representa a taxa, por unidade de tempo, a que os itens estão a falhar, no instante t , em relação aos equipamentos que sobreviveram até t :

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_s(t)} \frac{dN_f(t)}{dt} \quad (2.3)$$

em que $N_s(t)$ é o número de itens que sobreviveram até ao instante t .

Compilando esta informação, é possível chegar à função de fiabilidade geral, a qual permite calcular a probabilidade, até ao instante t , de um item não falhar:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (2.4)$$

Como se pode ver, a fiabilidade depende da taxa de avarias, a qual é característica do item em questão. Contudo, é possível identificar algumas curvas-tipo, representadas na figura 2.3, que podem ser associadas a determinados tipos de equipamentos [9].

Associando a estes cálculos análises de modos, efeitos e criticidade de falhas (FMECA), utilizando árvore de falhas como a exemplificada na figura 2.4, Modelos de Markov, Simulação de Monte Carlo, Diagramas de Blocos de Fiabilidade (RBD), torna-se possível calcular uma previsão da fiabilidade de um determinado equipamento ou sistema. Isto é principalmente útil numa fase de projeto da aeronave ou de um sistema, no desenvolvimento do programa de manutenção, ou no estudo detalhado da fiabilidade de um determinado componente.

Contudo, para o desenvolvimento de um Programa de Fiabilidade, importa falar da fiabilidade a um nível mais abrangente. Mais concretamente, a monitorização da eficácia do programa de manutenção, a fiabilidade das aeronaves como um Sistema de Armas, a fiabilidade operacional (prontidão de aeronaves ou cumprimento de missões), etc. É este tipo de trabalho fiabilístico que irá permitir a identificação de problemas com equipamentos ou de situações/procedimentos a melhorar. Dado o âmbito alargado que aqui se está a abordar, um Programa de Fiabilidade irá trazer benefícios não só à Manutenção e à Gestão Técnica, mas também à área Operacional.

A este nível, pode-se falar de três tipos de fiabilidade: Estatística, Histórica e Orientada para o Evento [5]. A fonte citada menciona ainda um quarto tipo denominado de Fiabilidade de Despacho (*Dispatch Reliability*) que, na verdade, consiste num caso específico de fiabilidade orientada para o evento, mais especificamente para a taxa de

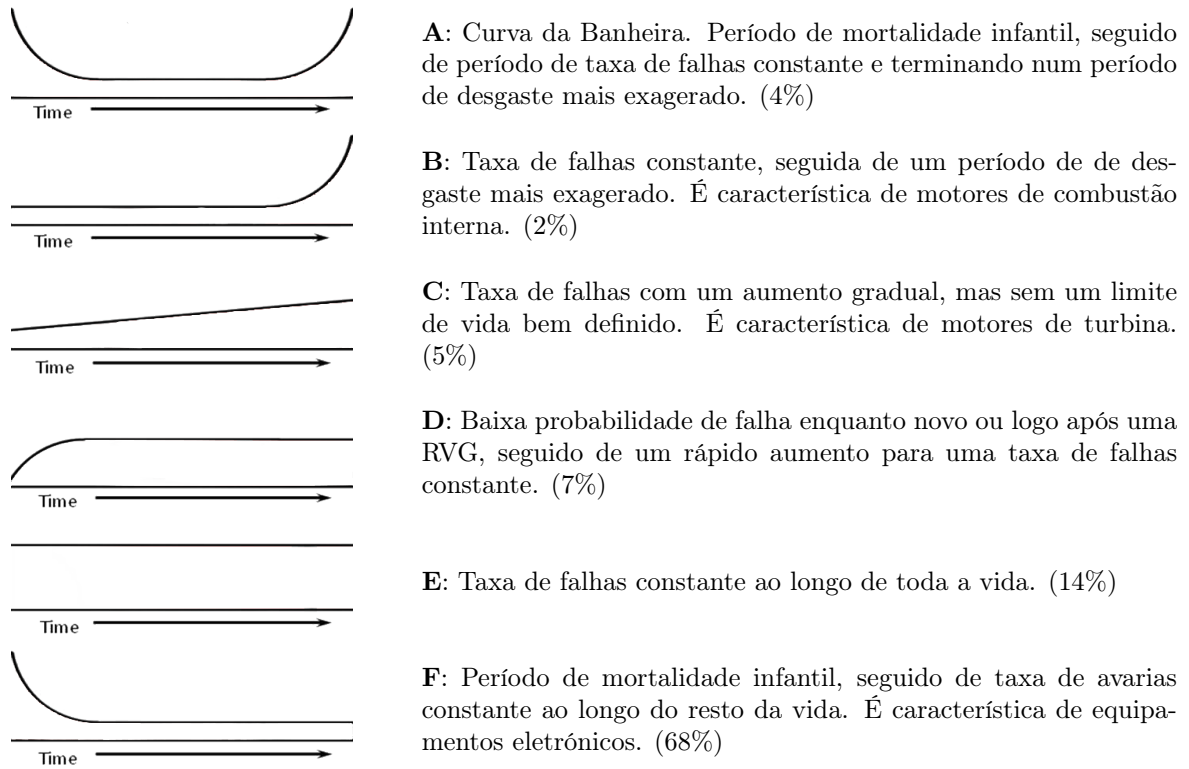


Figura 2.3: Curvas de Taxa de Avaria típicas e percentagem de equipamentos a que são aplicáveis (adaptado [9]).

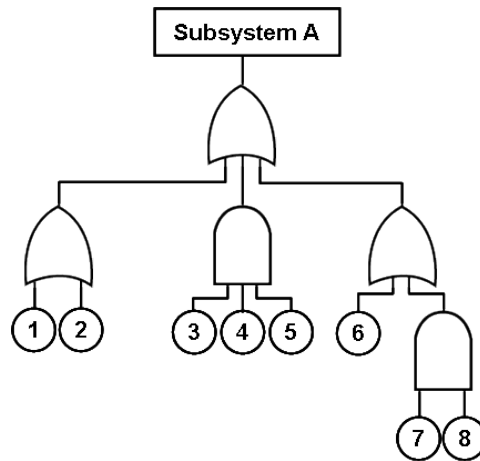


Figura 2.4: Exemplo de Árvore de Falhas de um sistema (Fonte: Wikipédia)

cumprimento do horário e planeamento de voos. Uma vez que este evento tem maior pertinência nas companhias aéreas civis, não irá ser falada neste trabalho. Um possível equivalente na Força Aérea será a taxa de cumprimento de missão. Apesar de esta métrica ser abordada neste trabalho, não se considera que justifique um tratamento diferenciado de outros eventos.

2.3.1 Fiabilidade Estatística

A fiabilidade estatística baseia-se na recolha e análise de dados relativos a falhas, remoções e reparações de sistemas ou equipamentos. Esta análise geralmente traduz-se em taxas baseadas em horas de voo ou ciclos, conforme o tipo de operação a que o Sistema de Armas esteja sujeito.

Este tipo de fiabilidade é utilizado por muitas companhias aéreas. Contudo, deve ser usada com cautela pois depende muito da significância estatística dos dados. Nos casos de operadores que possuam frotas compostas por um reduzido número de aeronaves ou que não operem determinados equipamentos de forma consistente ou sistemática, o uso exclusivo da fiabilidade estatística pode gerar falsos alertas e desencadear ações de correção para situações que não necessitam de ser corrigidas. A figura 2.5 representa um exemplo do cálculo do nível de alerta para a taxa de falhas de um equipamento que apenas é operado durante 2 meses do ano. O nível de alerta foi definido como o valor médio somado de duas vezes o desvio padrão ($\bar{x} + 2\sigma$). Se este facto não for tido em conta, ao se utilizar os dados relativos a todos os meses do ano é gerado um falso alerta que, apenas considerando os meses em que o equipamento é usado, não acontece.

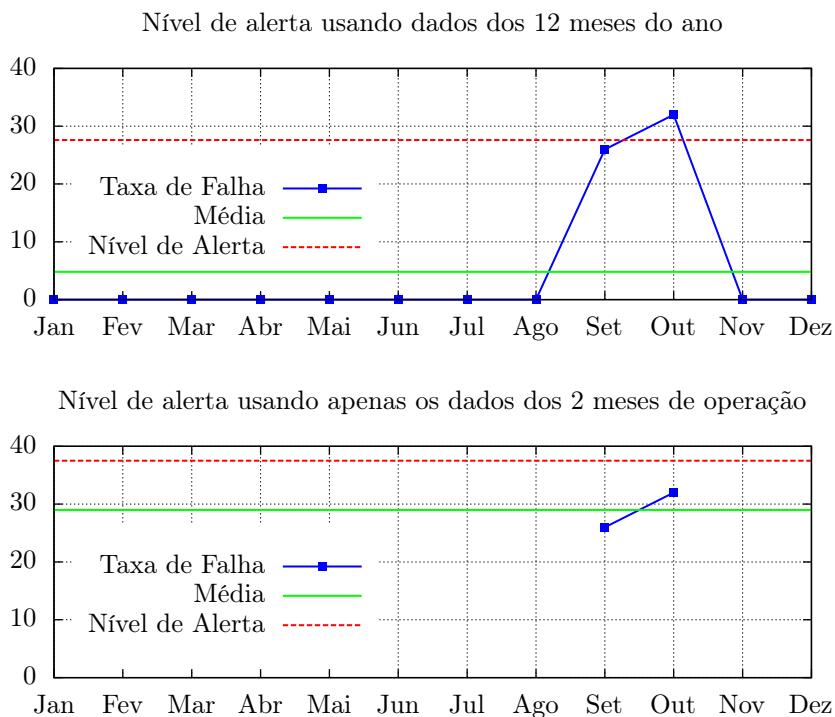


Figura 2.5: Comparação do cálculo de níveis de alerta para um equipamento com utilização sazonal (adaptado [5])

Através deste exemplo é possível entender que a fiabilidade estatística apenas deverá ser utilizada quando existirem dados em quantidade que lhes permita ter significância. Apesar de os cálculos estatísticos produzirem sempre resultados (médias, desvios padrão,

etc.), é necessário um grande cuidado na interpretação dos mesmos, bem como na seleção dos dados. A não observância desta cautela pode levar a conclusões erradas, contribuindo para uma ineficácia do Programa de Fiabilidade.

2.3.2 Fiabilidade Histórica

A fiabilidade histórica é um processo simples que consiste na comparação de valores atuais com valores passados. Tomando como exemplo o caso ilustrado na figura 2.5, para determinar se a taxa de falhas é causa para alarme ir-se-ia compará-la com as taxas observadas no mesmo período dos anos anteriores.

Este tipo de fiabilidade tem particular utilidade em casos onde haja uma insuficiência de dados. Alguns exemplos deste tipo de casos são a introdução de novos equipamentos, componentes com utilização reduzida e frotas constituídas por poucas aeronaves.

2.3.3 Fiabilidade Orientada para o Evento

A fiabilidade orientada para o evento é um tipo especial que apenas aborda ocorrências pontuais como *bird strikes*, aterragens duras, cortes de motor em voo, eventos com relâmpagos, etc. Uma vez que a frequência com que estes eventos ocorrem é muito baixa, a utilização da fiabilidade estatística ou histórica não é prática. Como tal, todas as ocorrências deverão ser reportadas e registadas, de modo a poderem ser investigadas, com o objetivo de reduzir a recorrência do evento.

Em determinados tipos de operação, as autoridades aeronáuticas obrigam à existência de um programa de fiabilidade deste tipo para certos eventos mais críticos e com impacto na segurança de voo [5].

2.4 Legislação Aeronáutica

A partir do momento em que a aviação começou a desenvolver-se e massificar-se de forma intensiva, principalmente no campo da aviação comercial, surgiu a necessidade de desenvolver legislação e organizações que a regulassem, de modo a garantir uma operação em segurança.

De uma forma geral, todos os países onde exista atividade aérea possuem uma autoridade aeronáutica nacional, responsável por regular essa mesma atividade. No caso de Portugal, essa autoridade é o Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC). Contudo, muitas dessas autoridades limitam-se a adotar a legislação, políticas e recomendações emanadas por outras entidades de maior relevo. Algumas das organizações de regulação aeronáutica com maior peso no mundo são a *International Civil Aviation Organization* (ICAO), a *Federal Aviation Administration* (FAA) e a *European Aviation Safety Agency* (EASA).

A ICAO é uma agência da Organização das Nações Unidas (ONU), criada em 1944 e sediada no Canadá, que tem por objetivo desenvolver políticas e elaborar *standards* internacionais para a aviação civil, a serem adotados pelos seus estados-membros, para promover um crescimento sustentável da aviação [10].

A FAA é a autoridade aeronáutica nacional dos Estados Unidos, sendo responsável por regular e supervisionar todos os aspetos da aviação civil americana. A FAA, como é hoje conhecida, foi criada em 1958. No entanto, as suas raízes podem ser rastreadas até 1926, altura em que foi criado o ramo aeronáutico do Departamento do Comércio [11].

No que diz respeito ao espaço aéreo europeu, também aqui existia a necessidade de regular a aviação. Assim, foi criada em 1970 a *Joint Aviation Authorities* (JAA), uma organização associada à Conferência Europeia de Aviação Civil, que tinha objetivos muito semelhantes à FAA. A JAA consistia numa associação de autoridades de uma série de estados europeus, que tinham acordado uma cooperação no desenvolvimento e implementação de procedimentos e regulamentos de segurança comuns.

Mais tarde, em 2003, a União Europeia criou a EASA, a qual absorveu a maior parte das funções da JAA. Como tal, esta foi dissolvida, restando apenas uma pequena fração relacionada com a formação.

Tendo em conta que Portugal é um estado membro da União Europeia, é pela EASA que a regulamentação nacional se guia. A regulamentação EASA mais relevante está contida nos seguintes documentos:

- Part-21: Organizações de Projeto e de Produção;
- Part-66: Qualificações de pessoal;
- Part-145: Organizações de Manutenção;
- Part-147: Organizações de Formação;
- Part-M: Aeronavegabilidade Continuada.

No que diz respeito a programas de fiabilidade, no âmbito da regulamentação da EASA, estes são abordados no Part-M, mais especificamente na secção M.A.302 e no Apêndice I [12]. Estes requisitos foram introduzidos depois na regulamentação portuguesa através da circular técnica de informação CTI 10-03 do INAC [13].

Os detalhes destes requisitos serão abordados mais à frente, na secção 3.2.

Como comparação, a regulamentação da FAA também aborda os programas de fiabilidade. Nomeadamente, a circular AC 120-17A aborda a forma como um programa de controlo de fiabilidade deve ser estabelecido [14] e a circular AC 129-4A, que aborda os requisitos dos programas de manutenção, refere em que condições é requerida a existência de um programa de fiabilidade [15]. Contudo, os conteúdos desta regulamentação são em tudo idênticos aos da EASA.

2.5 Fiabilidade na Força Aérea Portuguesa

De acordo com o que já foi mencionado na secção 1.1, a grande maioria dos Sistemas de Armas da Força Aérea, derivado do facto de não serem aeronaves de modelo recente, não possuem programas de manutenção que prevejam a existência de um Programa de Fiabilidade implementado. Contudo, o trabalho fiabilístico atualmente realizado na FA não se resume aos programas de fiabilidade dos poucos Sistemas de Armas que os têm.

A existência nas Unidades Base da Força Aérea de uma secção de Análise de Produção encontra-se prevista no Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea (REMAFA). Contudo, este documento não reflete a atual estrutura da organização, tendo sido revogado em maio de 2014. Com a redução de pessoal e reestruturações que entretanto tiveram lugar, esta secção foi desaparecendo e as funções por ela desempenhadas foram passando, para outros setores de controlo, em regime de acumulação. Isto significa que as atuais análises, nos casos em que ainda são efetuadas, têm uma abrangência e profundidade menores, pois os dados necessários são difíceis e demorados de obter, não existindo suficiente disponibilidade de recursos humanos afetos a este trabalho.

De uma forma geral, a área de Análise de Produção tem como objetivo o fornecimento de informações que possam contribuir para melhorar o funcionamento da manutenção, através do exame de várias fontes de informação e pela identificação das tendências que se vão desenvolvendo [16]. Com isto, é possível determinar os custos associados com a mão-de-obra, faltas ou excedentes de pessoal, otimizar a duração das inspeções, etc. A divulgação desta informação, principalmente para os próprios executantes, é de valor extremamente elevado, pelo menos do ponto de vista do reconhecimento do trabalho efetuado e de manutenção da moral.

A principal exceção à escassez de recursos para a realização destas análises é a Base Aérea nº 5, onde se encontra sediado o Sistema de Armas F-16, a qual continua a possuir uma Secção de Análise de Produção, que se encontra na dependência do Centro de Gestão da Manutenção. Esta secção elabora trimestralmente um relatório que é difundido por todos os intervenientes da operação e manutenção da frota F-16, onde são apresentados diversos indicadores de desempenho do sistema de armas e da sua manutenção. Alguns exemplos destes indicadores são a taxa de cumprimento do planeamento, prontidão da frota, duração das inspeções programadas, taxa de mão-de-obra por hora de voo, etc. Para além disto, a grande mais valia destes relatórios é a apresentação de sugestões e necessidades identificadas, as quais são dirigidas a entidades específicas, garantindo assim que são tomadas ações no sentido das necessidades serem satisfeitas ou, pelo menos, consideradas.

Por fim, importa referir que, a nível geral da FA, cada Esquadra de Voo é responsável por produzir anualmente um Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA), que tem por objetivo permitir aos órgãos técnicos do Comando da Logística da Força Aérea

(CLAFa) a análise de manutenção das aeronaves atribuídas às Esquadras [17]. Este relatório possui informação semelhante à que diz respeito à análise de produção. Contudo, o conteúdo do mesmo está bem definido na Diretiva CLAFa nº 01/2006 e consiste essencialmente em dados de difícil interpretação e de utilidade, por vezes, duvidosa, que não são devidamente analisados ou justificados. Juntando a isto o facto de a informação necessária ser de difícil obtenção, o RAMA consiste atualmente num documento que não recebe a atenção devida, tanto ao nível de quem o elabora como de quem o deve ler.

No que diz respeito à Fiabilidade e aos estudos com ela relacionada, estes encontram-se formalmente centralizados na DEP, mais especificamente no Núcleo de Fiabilidade e de Análise de Condição (NFAC), mas também são desenvolvidos noutras áreas, nomeadamente na Gestão dos Sistemas de Armas. Contudo, a realidade é que a análise da fiabilidade atualmente praticada na FA é apenas "reativa", i.e., apenas são solicitados e realizados estudos fiabilísticos pontualmente, como é o caso de pedidos de prorrogação de potencial ou de derrogação de procedimentos, ou após terem sido identificados problemas, algo que normalmente só acontece quando estes já atingiram proporções consideráveis.

Para além disso, uma das conclusões de um trabalho realizado recentemente por uma oficial da Força Aérea, no âmbito do cálculo de indicadores de fiabilidade, foi que atualmente, com o SIAGFA e os dados que este permite obter, o cálculo de métricas e indicadores de manutenção é um processo bastante complexo e moroso, que dificulta a realização de estudos fiabilísticos fidedignos [2].

Enquanto que na aviação civil os estudos de fiabilidade são usados em grande parte para otimizar o programa de manutenção, rentabilizando ao máximo a utilização das aeronaves e minimizando os custos de operação e de manutenção, na aviação militar o paradigma é um pouco diferente. Embora a economia de meios seja um facto importante e a ter em conta, as necessidades operacionais têm uma prioridade superior. Por vezes, quando as circunstâncias o justifiquem e haja autorização superior, uma determinada missão poderá levar a que, por exemplo, se opere uma aeronave cujo prazo de inspeção já foi ultrapassado, sem que haja possibilidade de efetuar essa tarefa de manutenção em tempo útil. Noutros casos, uma Esquadra de Voo poderá estar a operar num destacamento em que as capacidades de manutenção e/ou reparação sejam limitadas. Apesar de o cumprimento da missão ser o objetivo principal, a segurança é algo que nunca pode ser ignorado. Assim, análises de fiabilidade pontuais são importantíssimas na determinação de possíveis limitações que sejam necessárias impor aos equipamentos ou às tripulações, para que a missão seja cumprida dentro de padrões de segurança aceitáveis.

Uma exceção a esta realidade é o Sistema de Armas C-295M, em que o contrato de manutenção em vigor com a Airbus Military inclui um programa de fiabilidade [18]. De uma forma resumida, este programa estipula o envio trimestral para a Airbus de uma série de dados de manutenção, sendo depois enviado semestralmente à FA um relatório que aborda as remoções de componentes dos últimos 6 meses, o resumo da fiabilidade por

capítulo ATA, a lista do *top 10* de componentes com mais remoções, etc. Este programa encontra-se apresentado de forma mais pormenorizada no Apêndice B.

Capítulo 3

Programa de Fiabilidade de Aeronaves

Um Programa de Fiabilidade de Aeronaves consiste num conjunto de regras e procedimentos que tem como objetivo monitorizar e controlar um programa da manutenção [5]. Para que seja eficiente, um PFA precisa de englobar toda a organização e os respetivos processos de manutenção. Em primeiro lugar, deve incluir todos os sistemas de informação e de registo relevantes, permitindo o acesso aos dados necessários à obtenção de métricas e indicadores, com vista à deteção de possíveis problemas. Para além disso, deve incluir todos os intervenientes no processo de manutenção e operação das aeronaves, para que possa permitir uma interpretação e avaliação corretas desses resultados e, consequentemente, identificar a(s) causa(s) dos problemas, a definição de medidas de correção e a avaliação da eficácia das mesmas. Por fim, deve permitir fornecer os dados necessários ao ajuste do programa de manutenção, com vista a otimizá-lo à operação e necessidades reais.

Esta é uma visão geral daquilo que um PFA deve ser. No entanto, falando de uma forma mais concreta, este é tipicamente composto por diversos elementos, que irão ser abordados ao longo deste capítulo.

3.1 Vantagens e mais valias

Como é óbvio, não faz sentido implementar um programa de qualquer tipo se este não trazer algum tipo de vantagens e/ou mais valias para a organização, visto que a sua implementação requer, pelo menos, um investimento de tempo e de recursos humanos. Assim sendo, será vantajosa a implementação de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves na Força Aérea Portuguesa?

De facto, os programas de fiabilidade são um componente importante de um programa de manutenção, não sendo por acaso que são de existência obrigatória em determinados casos, como será abordado na secção 3.2. Esta obrigatoriedade está relacionada principalmente com questões de segurança. Contudo, as vantagens e mais valias estendem-se além disso.

De uma forma geral, o PFA permite monitorizar a eficácia do programa de manutenção. Uma vez que este último tem como objetivo maximizar o período de disponibilidade das aeronaves, minimizando o tempo de paragem para manutenção inopinada, o PFA fornece as ferramentas necessárias para a análise do desempenho da Manutenção e, dentro das limitações que possam existir, para efetuar ajustes e otimização das tarefas e intervalos de manutenção em vigor.

A otimização da manutenção traduz-se geralmente numa redução do custo da hora de voo. Essa redução pode resultar numa redução dos custos totais de manutenção, para o mesmo regime de esforço, ou no aumento desse regime, mantendo os custos. Tal facto é de grande importância, especialmente num cenário de crise financeira, com orçamentos públicos cada vez mais restritivos.

Para além disso, um PFA, ao permitir uma potencial redução do tempo de imobilização das aeronaves e aumento do número de aeronaves disponíveis, constitui um "multiplicador de força", algo que tem grande relevo para a área operacional das Esquadras de Voo e do Comando Aéreo em geral.

Numa outra perspetiva, um PFA, ao obrigar à análise sistemática e periódica das métricas e indicadores de manutenção, permite aferir a qualidade dos registos de manutenção que estão na base do cálculo destes. Tal promove uma melhoria contínua do próprio programa e dos procedimentos da Manutenção, constituindo uma mais valia para o Sistema de Gestão da Qualidade e Aeronavegabilidade da FA.

Por fim, tendo em conta que a maior parte dos Sistemas de Armas da FA são relativamente antigos, por vezes o suporte técnico por parte dos fabricantes pode ser limitado, ineficaz ou mesmo inexistente. Adicionalmente, algumas das frotas em operação não possuem muito mais operadores, para além de Portugal, que possam ser usados para solicitar pareceres ou dados de operação e manutenção. Assim, a existência de um PFA disponibiliza todo um conjunto de dados que podem ser usados para tomar decisões de cariz técnico com um nível de confiança muito superior.

3.2 Aplicabilidade nos Sistemas de Armas

Uma vez que a FA não se encontra, por enquanto, sujeita à regulamentação aeronáutica civil, possui liberdade para implementar ou não este PFA nos Sistemas de Armas que julgar conveniente. Contudo, conforme já foi mencionado no capítulo 1, as forças aéreas europeias passarão, no curto/médio prazo, a ser regulamentadas por uma legislação aeronáutica militar, que será semelhante em muitos aspetos à sua correspondente civil. Como tal, é de todo pertinente olhar para a legislação civil, de forma a estruturar a organização para os desafios do futuro.

Assim, a legislação aeronáutica civil europeia [12, 13], a par da norte-americana [15], embora com mais condições, define alguns critérios para a identificação das aeronaves

para as quais a existência de um programa de fiabilidade associado ao seu programa de manutenção é obrigatória. Esta obrigatoriedade aplica-se a aeronaves em que pelos menos uma das seguintes condições seja satisfeita:

- Programa de Manutenção elaborado segundo lógica MSG-3;
- A manutenção de alguns dos componentes segue o conceito de *Condition-Monitoring* (Monitorização da Condição);
- Não existem períodos de tempo para Revisão-Geral (RVG) definidos para todos os componentes de sistemas críticos;
- O fabricante especifica a necessidade de existência de um PFA.

No caso de aeronaves em que uma das seguintes condições seja satisfeita, a existência de um PFA não é obrigatória:

- Programa de Manutenção elaborado segundo lógica MSG-1 ou 2, mas que apenas contém componentes controlados segundo um processo de manutenção HT ou OC;
- Aeronave não é considerada uma aeronave grande ¹;
- Todos os componentes de sistemas críticos possuem períodos de tempo para RVG definidos.

No que diz respeito ao tamanho das frotas, a legislação civil não apresenta este fator como condição para a existência ou não de um PFA. Refere contudo que, no caso de frotas pequenas (frotas compostas por menos do que 6 aeronaves do mesmo tipo), um programa de fiabilidade complexo não é apropriado, uma vez que a quantidade de dados disponíveis não é a suficiente para permitir cálculos fidedignos. Nestes casos, a complexidade ou nível de detalhe do PFA deve ser customizado à dimensão e operação da frota, sendo o papel da engenharia fundamental na interpretação dos resultados obtidos.

Por forma a aferir a aplicabilidade destes requisitos nos Sistemas de Armas da Força Aérea Portuguesa, foi efetuado, junto das Equipas Gestoras dos diversos Sistemas de Armas, o levantamento apresentado na tabela 3.1. A informação nela presente tem como origem o relatório n.º 01/2013 da DEP [1], tendo sido atualizada e complementada mais tarde com informação reunida pelo autor desta tese. Os valores de Horas de Voo (HV) referidos na tabela correspondem à proposta de Regime de Esforço para o ano de 2014 [19].

Analisando a tabela, e tendo em conta as condições apresentadas anteriormente, constata-se que, por possuírem conceitos de manutenção baseados em MSG-3, o C-295M

¹De acordo com o EASA Part-M, uma aeronave grande consiste num avião com peso máximo à decolagem superior a 5700 kg ou num helicóptero plurimotor [12]

Tabela 3.1: Levantamento, por Sistema de Armas, dos critérios para a obrigatoriedade de existência de PFA

Sistema de Armas	Nº Aeronaves/ HV anuais	Aeronave grande	Conceito MSG-3	Comps. em CM	RVG para todos os comp. críticos
Alouette III	10 / 1300 HV				✓
Alpha-Jet	8 / 600 HV	✓			✓
ASK-21	3 / 100 HV				✓
C-130H	6 / 1200 HV	✓			✓
C-295M	12 / 3200 HV	✓	✓		
Chipmunk Mk.20	6 / 1400 HV				✓
EH-101	12 / 2250 HV	✓	✓		
Epsilon TB-30	16 / 3000 HV				✓
F-16 AM	30 / 3850 HV	✓			✓
Falcon 50	3 / 500 HV	✓			✓
P-3C CUP+	5 / 652 HV	✓			

e o EH-101 deveriam possuir um PFA. Para além destes, o P-3C também poderia ser incluído neste grupo, por não possuir um intervalo de RVG definido para todos os seus componentes (devido a uma revisão do conceito de manutenção pela US NAVY, o seu principal operador, os motores do P-3C passaram a ser removidos para RVG apenas quando o seu desempenho for inferior a um valor pré-determinado). Por outro lado, uma vez que o seu conceito de manutenção não é baseado em MSG-3 e todos os seus componentes são controlados segundo de um processo de manutenção HT ou OC, essa obrigatoriedade já não se aplica.

Assim, é altamente recomendável que os sistemas de armas C-295M e EH-101 sejam incluídos no PFA. Contudo, apesar de as restantes frotas não reunirem as condições anteriormente especificadas, julga-se pertinente inclui-las também. Por um lado, a regulamentação aeronáutica civil refere que o programa de fiabilidade pode ser aplicado a qualquer frota, caso o seu operador assim o entenda. Por outro, os benefícios mencionados na secção 3.1 são de grande utilidade para as frotas mais antigas, as quais possuem geralmente maior espaço para otimização.

A única exceção à inclusão no PFA é o planador ASK-21, uma vez que constitui uma frota particularmente pequena (3 aeronaves), e é uma frota que efetua um número de Horas de Voo (HV) bastante reduzido (não mais do que 100 horas de voo por ano). Para além destes dois fatores, o ASK-21 é uma aeronave bastante simples, com muito poucos equipamentos e sistemas. Todos estes factos contribuem para um sério comprometimento da relevância de qualquer análise estatística que possa ser feita aos dados de manutenção e operação deste sistema de armas.

3.3 Objetivos

Um dos elementos fundamentais de um PFA é a lista de objetivos do programa. Estes servem de guia, não só para o programa em geral, mas também para todos os seus intervenientes, de modo a garantir a eficácia do mesmo e, mais importante, a sua concretização. É importante que os objetivos sejam simples e claros, mantendo-se dentro dos limites daquilo que é exequível, não tentando ser mais ambicioso do que aquilo que é possível a curto prazo. Uma vez que se pretende que o PFA seja dinâmico, o programa, e consequentemente os seus objetivos, poderão ser alterados caso haja possibilidade, vontade e interesse para tal.

Conforme já foi abordado na secção 3.2, os diversos Sistemas de Armas possuem características e requisitos de manutenção diferentes entre si. Como tal, o PFA deverá ser customizado para cada uma delas, de modo a refletir a sua realidade. Esta definição deverá ser feita pela Gestão do Sistema de Armas (GSA) que, no caso da Força Aérea, se encontra localizada na Direção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA), e estar refletida no documento que oficializa o respetivo conceito de manutenção. Assim, o PFA pode variar de um simples sistema de monitorização de anomalias de componentes até um programa integrado de gestão da manutenção.

Os objetivos concretos deverão ser especificados no documento referido no parágrafo anterior. Contudo, de um modo geral, deverão guiar-se pelos seguintes:

- Identificar atempadamente sistemas ou componentes problemáticos, que requeiram ações corretivas ou estudos de fiabilidade pormenorizados;
- Definir as ações corretivas necessárias à resolução dos problemas de manutenção e funcionamento dos SA's, bem como as entidades responsáveis pela sua implementação;
- Monitorizar a eficácia das ações corretivas implementadas;

3.4 Identificação de Itens abrangidos

Um PFA também necessita que sejam identificados os itens que são abrangidos pelo mesmo. O SIAGFA-MGM é um sistema informático onde a estrutura das aeronaves se encontra definida na forma de uma árvore de Item de Configuração (IC), muito semelhante a uma estrutura ATA 100². Como tal, todos os componentes que a GSA identificou como importantes de serem controlados estão lá registados. Assim, o PFA pode abranger todos os itens controlados pelo SIAGFA.

²O sistema ATA 100 é um padrão de referência de sistemas muito utilizado na aviação civil

Contudo, dada a diferente complexidade dos vários SA's, deverá ser definido para cada um qual o nível de detalhe dos dados apresentados e analisados. No entanto, esta definição deverá contemplar pelo menos o seguinte:

- Análise Geral do Sistema de Armas (Disponibilidade e Cumprimento de Missão);
- Análise por Sistema (2 primeiros dígitos do n° de IC);
- Análise de componentes mais críticos (motores, hélices, APU, ...);
- Análise de componentes com um conceito de manutenção *Condition-Monitoring* (Monitorização da Condição);
- Análise de sistemas ou componentes abrangidos pelo PFA do fabricante.

3.5 Terminologia e Definições

Com o intuito de uniformizar procedimentos e garantir a inexistência de dúvidas entre os intervenientes, é crítico definir a Terminologia e Definições utilizadas. Se não houver uma utilização de termos de uma forma uniformizada, existe o risco da documentação e registos gerados levarem a que as análises fiabilísticas que sejam efetuadas não permitam tirar ilações conclusivas, por dualidade ou multiplicidade de critérios.

Associado a esta temática, está a ser revisto um novo manual, o MCLAF 400-1 – Dicionário de Dados dos Sistemas de Informação da Área Logística. Como será de esperar, apenas parte das definições apresentadas neste manual terão pertinência para o PFA. Contudo, será este o repositório central da Força Aérea para termos associados à manutenção aeronáutica, pelo que faz sentido que aí estejam contidos. Como tal, o autor desta tese colaborou diretamente com a entidade responsável pela elaboração deste manual. Por motivos óbvios, não serão aqui apresentadas todas as definições nele incluídas. Contudo, existem alguns termos que, por estarem diretamente relacionados com a temática fiabilística ou por a sua definição ter sido de difícil consenso, se julga pertinente incluir neste documento.

Para a definição dos termos, recorreu-se a outros regulamentos da Força Aérea em vigor, à norma portuguesa NP EN 13306 (Terminologia da Manutenção) [4], ao EASA Part 145 [20] e ao EASA Part M [12]. As definições em causa podem ser consultadas no Apêndice C.

3.6 Fontes de Recolha de Dados

A identificação das fontes de dados, é um dos aspetos mais importantes do PFA. Qualquer estudo fiabilístico encontra-se assente em dados e é de extrema importância que

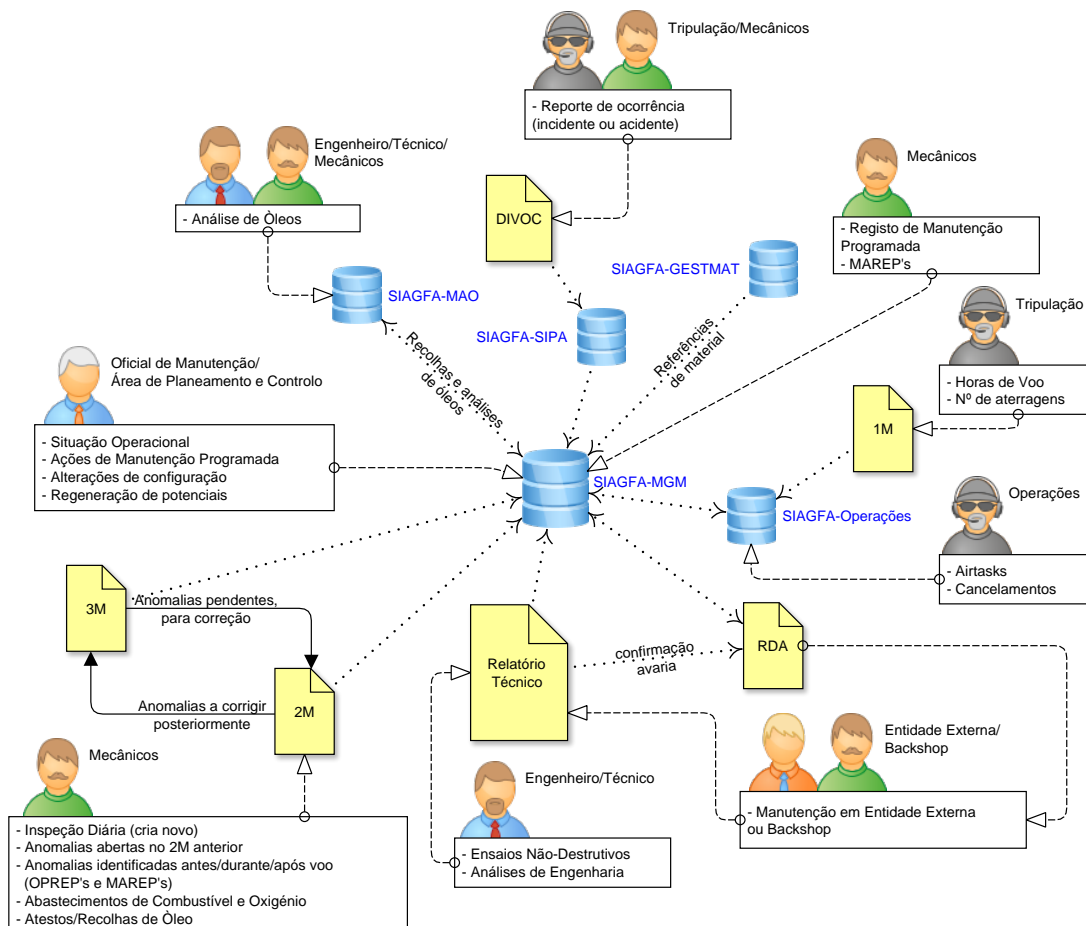


Figura 3.1: Fontes de dados utilizadas pelo PFA e suas inter-relações

estes sejam da melhor qualidade possível, para garantir a validade dos resultados desse estudo. Como se costuma dizer em informática, "*garbage in, garbage out*", ou seja, se os dados que são fornecidos não forem corretos, qualquer conclusão que se retire da análise dos mesmos dificilmente será correta.

Na Força Aérea, praticamente todas as fontes de dados consistem em Sistemas de Informação, tanto do lado da Manutenção, como do lado da Operação. Este facto é bastante útil, uma vez que facilita o acesso à informação e possibilita uma melhor integração dos dados. Contudo, é fundamental que o sistema esteja bem construído, de forma a garantir a melhor qualidade possível dos dados registados. Isto implica a simplificação da utilização e dos códigos utilizados, a implementação de validações automáticas que previnam tantos erros quanto possível, etc. Ao desenhar-se este sistema, é útil ponderar sobre a seguinte citação:

"A common mistake that people make when trying to design something completely foolproof is to underestimate the ingenuity of complete fools."

Douglas Adams

Por outras palavras, deve-se assumir sempre que o utilizador irá cometer erros na utilização do sistema, quer por engano, desconhecimento ou outro motivo. Ao se trabalhar sobre esta suposição, conseguem-se criar os mecanismos necessários à garantia, tão grande quanto possível, da fidedignidade dos dados.

Nesta secção, apresentam-se as diversas fontes de dados a utilizar pelo PFA, as quais se encontram resumidas na figura 3.1, onde também é possível ver as interações que as fontes têm entre si.

Na Força Aérea, como em qualquer organização atualmente, existem registos em papel e registos digitais. No caso destes últimos, a Força Aérea Portuguesa utiliza uma série de sistemas de informação que foram desenvolvidos internamente e que são modulares. O conjunto destes constitui o Sistema Integrado de Gestão da Força Aérea (SIAGFA). Na área da manutenção aeronáutica, são utilizados vários módulos. Contudo, apenas serão abordados neste trabalho aqueles que têm influência num programa de fiabilidade.

Dada a importância da qualidade dos dados já referida anteriormente, será também discutido o trabalho desenvolvido na definição e revisão de parâmetros para tentar resolver os problemas de registo de dados que já foram mencionados na secção 2.5.

3.6.1 Modelo 1M

O modelo 1M, também conhecido por "Relatório de Voo", é um impresso em papel que é preenchido pela tripulação, para cada voo efetuado. Este documento está definido no RFA 45-5 (Sistema de Recolha da Atividade Aérea e Horas de Voo do Pessoal Navegante), podendo ser consultado no Anexo A. É essencialmente utilizado pela área operacional das Esquadras, para controlo das horas de voo efetuadas, qualificações do pessoal tripulante, etc. Contudo, do ponto de vista fiabilístico, o modelo 1M contém alguns dados importantes, nomeadamente as Horas de Voo da aeronave e o número de aterragens efetuadas. Algumas Esquadras de Voo utilizam também este impresso para registar o perfil de voo/missão efetuada, o que pode ser útil num processo de investigação mais detalhado em que seja necessário aferir a severidade das cargas a que a aeronave esteve sujeita, especialmente naquelas que não possuam um sistema de monitorização estrutural. Os dados aqui inscritos são posteriormente introduzidos no Módulo de Gestão Operacional do SIAGFA.

3.6.2 Modelos 2M e 3M

Os modelos 2M e 3M, também conhecidos como "Livro do Avião", são dois impressos em papel, específicos para cada Número de Cauda (N/C)³, utilizados e preenchidos pelo pessoal das Manutenções das Esquadras de Voo. Estes impressos encontram-se definidos no RFA 401-4 (Sistema de Registo de Dados de Manutenção de Aeronaves) e podem ser

³O Número de Cauda é o equivalente, numa aeronave, ao "número de matrícula".

consultados nos Anexos B e C, respetivamente. Têm como função o registo das anomalias detetadas na aeronave e que ainda não foram corrigidas. Permitem tanto o controlo por parte da Manutenção como o conhecimento por parte da tripulação das anomalias pendentes. A utilização e preenchimento destes modelos encontram-se descritas no RFA 401-1.

No caso específico do modelo 2M, este consiste numa folha, sendo preenchida uma nova todos os dias. Nela são registadas as horas de voo efetuadas pela aeronave, os abastecimentos de combustível, óleo e oxigénio nesse dia, a lista de anomalias abertas que transitaram das folha do dia anterior e a lista das anomalias que foram detetadas nesse dia.

O modelo 3M consiste numa lista mais simples que contém anomalias abertas, inicialmente registadas no modelo 2M, que não impossibilitam o voo da aeronave, e cuja correção foi derogada para a próxima oportunidade de manutenção, por ordem do Oficial de Manutenção.

Apesar de tanto o modelo 2M como o 3M existirem em papel, têm também um equivalente informático. Mais concretamente, por cada entrada nestes modelos é obrigatório existir um registo correspondente no SIAGFA-MGM (obra). No caso dos registos do modelo 2M, estes corresponderão a obras em estado "aberto" (trabalhos não iniciados), em "execução" ou "interrompidas" (trabalhos parados). No caso dos registos do modelo 3M, correspondem a obras abertas em estado "3M". Os registos informáticos serão abordados na secção 3.6.3.

3.6.3 Módulo de Gestão da Manutenção (SIAGFA-MGM)

Dos diversos módulos do SIAGFA, aquele que mais se destaca, na área da manutenção aeronáutica, é o Módulo de Gestão da Manutenção (SIAGFA-MGM). Apesar deste módulo comunicar com outros, é neste que se encontra o repositório de registos de manutenção das diversas aeronaves da Força Aérea e é utilizado, a diversos níveis, por praticamente todos os intervenientes no processo de manutenção aeronáutica, nomeadamente Mecânicos, Área de Planeamento e Controlo, Oficiais de Manutenção e Gestores de Sistemas de Armas.

O módulo entrou em produção entre 2004 e 2005, tendo sido alvo de diversos melhoramentos ao longo dos anos. Contudo, devido à arquitetura em que foi baseado, muitos dos requisitos e necessidades identificadas atualmente não são possíveis de ser implementadas. Como tal, foi tomada a iniciativa de desenvolver uma aplicação substituta que se prevê que entre em produção durante o presente ano. Como se pode ver na figura 3.2, existem algumas diferenças em termos de interface, uma vez que se transitou de uma aplicação desenvolvida em *Visual Basic* para uma aplicação *web-based*. No entanto, as principais alterações são em termos da estrutura e funcionamentos internos, que permitem uma maior flexibilidade de implementação dos requisitos necessários hoje e que possam vir a

ser necessários no futuro.

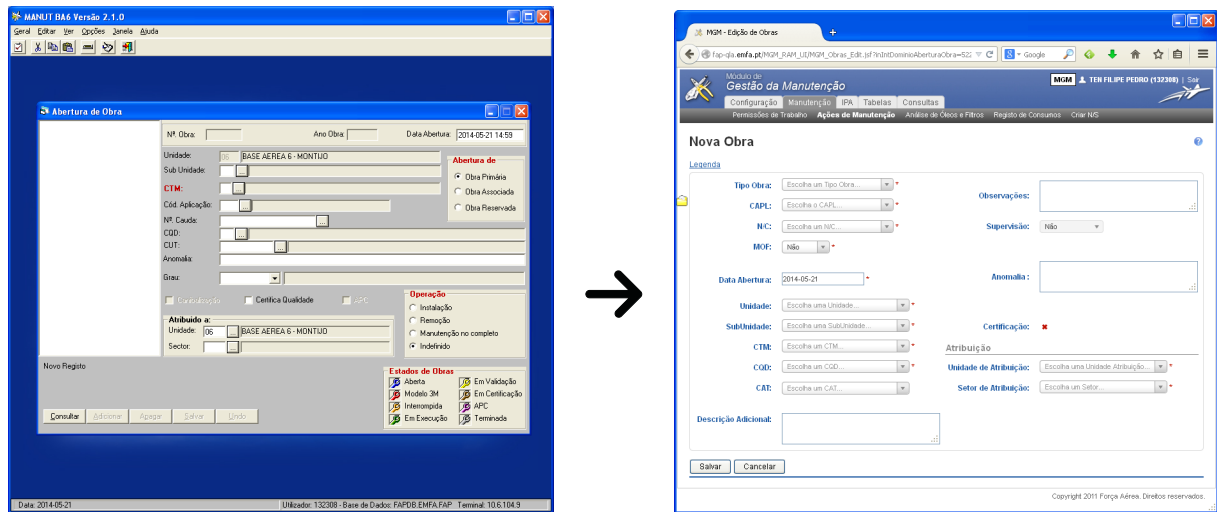


Figura 3.2: Comparação entre o antigo e o novo SIAGFA-MGM

Um dos grandes problemas que se pretende eliminar ou, pelo menos, mitigar é a qualidade deficiente dos registos de manutenção. O registo de uma ação de manutenção é um processo que envolve o preenchimento de diversos códigos que têm por objetivo parametrizar os registos, de modo a mais facilmente se poder analisar os dados. Contudo, tem-se verificado que existe um número de códigos demasiado elevado, sendo muitos deles de difícil compreensão. Aliando a este facto a praticamente inexistência de mecanismos de validação dos códigos utilizados, obtém-se um histórico de registos com informação contraditória, que obriga a uma posterior vistoria caso a caso, que rapidamente se torna exaustiva e nada exequível de uma forma sistemática como se pretende que o PFA seja. Este problema, que inviabiliza muitos dos estudos e análises que se tencionem efetuar, encontra-se documentado num trabalho de final de curso de uma oficial Técnica de Manutenção de Material Aeronáutico [2].

No âmbito do presente trabalho, o mestrando colaborou com o Grupo de Trabalho ligado ao desenvolvimento do novo SIAGFA-MGM. Esta colaboração incidiu principalmente na caracterização de tipos de manutenção, com o respetivo mapeamento do processo de registo e estabelecimento de regras de registo. Simultaneamente trabalhou-se na reestruturação e saneamento dos códigos utilizados, tendo como máxima a simplificação da utilização e não esquecendo a citação referida no início da secção. Estas contribuições são uma peça fundamental na revisão do *Manual do Sistema de Recolha e Processamento de Dados de Manutenção – MFA 401-3(D)*, o qual servirá de "manual de utilizador" do novo SIAGFA-MGM.

Da mesma forma que existem tipos de manutenção diferentes, também aqui existem diferentes tipos de registos, conforme a manutenção a que se referem. Irão ser abordados de seguida aqueles que têm relevância para o Programa de Fiabilidade de Aeronaves.

3.6.3.1 OPREPs e MAREPs

No decorrer do ciclo de vida de uma aeronave é expectável que esta vá apresentando anomalias, as quais necessitam de ser corrigidas por forma a manter o estado de operação dos equipamentos. Estas anomalias podem ser detetadas durante a operação, pela tripulação da aeronave (OPREP's), ou durante os trabalhos de manutenção, pelos mecânicos (MAREP's).

Estas anomalias, para além de serem registadas no modelo 2M, já referido na secção 3.6.2, são também registadas no SIAGFA-MGM. Este registo possuiu algumas diferenças entre o novo módulo e o antigo, mas assenta na abertura de um registo, denominado de obra, através da descrição da anomalia e preenchimento de um determinado número de campos com códigos pré-definidos relacionados com o tipo da anomalia. A listagem de todos os códigos utilizados seria demasiado exaustiva, mas os campos a preencher mais relevantes são os seguintes:

- **Código de Aplicação:** Código relativo ao Sistema de Armas;
- **N/C:** Número de cauda da aeronave;
- **Anomalia:** Campo de texto para descrição da anomalia;
- **CTM:** Código de Tipo de Manutenção (Programada, Inopinada, Linha da Frente, ...);
- **CQD:** Código Quando Descoberto. Especifica a fase em que a anomalia foi detetada (antes, durante ou após voo, durante inspeção programada, ...);
- **CAT:** Código de Ação Tomada (inspeção visual, ensaios não-destrutivos, mudança de óleo, substituição de componente, ...);
- **Ação Corretiva:** Campo de texto para descrição da ação realizada.

A única distinção que se pode fazer, em termos de registos, entre os OPREP's e MAREP's é ao nível do CQD, pois é este o campo que define a fase em que a anomalia é detetada.

Como se pode ver, para a caracterização de uma obra, existe necessidade de utilização de uma quantidade significativa de códigos, os quais são essenciais para estruturar a quantidade massiva de registos existentes na base de dados, no caso de se pretender fazer algum tipo de estudo ou análise. Conforme referido anteriormente, o SIAGFA-MGM antigo possui validações muito limitadas ao nível do preenchimento destes códigos, esperando-se que a nova aplicação venha mitigar significativamente os problemas causados por esta limitação.

Para além da informação acima listada, o registo contém também indicação da referência do componente (se aplicável), e a lista de pessoal envolvido na ação de manutenção, com as respetivas horas de trabalho empregues.

Estes registos irão ser fundamentais para o cálculo de alguns indicadores ao nível dos sistemas e dos componentes, que irão ser abordados na secção 3.7.

3.6.3.2 Registos de Manutenção Programada

Em termos físicos, os registos da Manutenção Programada realizada nas aeronaves consistem nos Mapas de Inspeção, que não são mais do que diagramas onde estão listadas as tarefas incluídas nos pacotes de inspeção e onde se regista a data em que a ação foi realizada, bem como a pessoa responsável pela sua execução.

Em termos do SIAGFA-MGM, estes registos são exatamente iguais aos OPREP's e MAREP's, diferindo principalmente no Código de Tipo de Manutenção (CTM) utilizado. Para além disso, a aplicação possui um módulo denominado de IPA (Inspeção Periódica de Aeronaves) que tem por objetivo auxiliar no registo destas ações de manutenção, uma vez que tipicamente compreendem um número significativamente grande de tarefas, cada uma das quais deverá dar origem a uma obra individual. O IPA não é nada mais do que um gerador automático de obras, sendo apenas necessário selecionar a inspeção a realizar. Com o conjunto de obras abertas que é criado, cabe aos mecânicos encerrá-las à medida que as tarefas vão sendo completadas. As inspeções existentes no IPA são carregadas pela Gestão do Sistema de Armas, uma vez que é esta entidade a responsável pela definição do conjunto de cartas de trabalho a realizar em cada Inspeção Programada.

O conjunto de tarefas mencionadas no parágrafo anterior constituem a chamada *Fase Básica* da inspeção. Para além desta existem ainda duas outras fases: a *Fase Adicional*, que consiste no conjunto de tarefas que, apesar de não fazerem parte do pacote de cartas associado à inspeção programada, se pretendem realizar nesta oportunidade; e a *Fase Oriunda*, que consiste na resolução das anomalias detetadas durante o decorrer da *Fase Básica*. O registo das ações de manutenção relativos a estas duas últimas fases é feito da mesma forma que os OPREP's e MAREP's.

É importante referir que, neste momento, nem todos os Sistemas de Armas possuem as suas inspeções programadas introduzidas no IPA. Nestes casos, e apenas para a *Fase Básica*, é tipicamente efetuado um único registo por setor de trabalho onde é contabilizado todo o trabalho efetuado por esse setor. Este procedimento não é desejável de um ponto de vista fiabilístico, uma vez que muitas tarefas de manutenção não são visíveis e não é possível fazer-se um rastreamento adequado da origem das anomalias detetadas. Contudo, no novo SIAGFA-MGM a utilização do IPA irá passar a ser obrigatória, o que constitui um facto muito positivo para a implementação do PFA.

3.6.3.3 Relatórios de Deficiências ou Avarias (RDA's)

Os RDA's são relatórios digitais, existentes no SIAGFA-MGM, que são criados sempre que um componente controlado por S/N é removido de uma aeronave por existência ou suspeita de anomalia. Para além de conterem a informação identificativa do componente em si, possuem a descrição da anomalia que motivou à remoção. Como tal, sempre que um componente é enviado para uma entidade externa para ser reparado, este documento é impresso e segue fisicamente com o artigo a reparar, por forma a informar o reparador da natureza da falha.

Estes relatórios foram alvo de estudo no trabalho de final de curso de uma outra oficial Técnica de Manutenção de Material Aeronáutico, uma vez que a sua versão atual apresenta algumas limitações que são importantes de resolver para a implementação de certos aspetos do PFA [21]. Pela influência que têm no PFA, salientam-se duas situações. Uma delas tem a ver com a confirmação da avaria, algo que atualmente não é feito e que o RDA não permite, sendo de importância fulcral para o cálculo do MTBF. Contudo, este requisito já foi incorporado no desenvolvimento do novo SIAGFA-MGM. Quando este entrar em produção, os inspetores de material, ao rececionarem os equipamentos vindos de reparação terão de analisar o respetivo relatório de reparação e, ao encerrarem o RDA, terão de indicar se o componente estava avariado ou não. A outra situação prende-se com o campo da descrição da anomalia. Este campo de texto serve para que quem remove um determinado componente possa descrever exatamente qual a natureza da falha e os procedimentos de *troubleshooting* que terá efetuado. Esta informação é bastante útil para a entidade reparadora, que poderá utilizá-la para mais rapidamente chegar à causa da anomalia, e para a condução de estudos fiabilísticos futuros, constituindo um registo histórico de falhas. No entanto, tem-se verificado que os mecânicos preenchem este campo com descrições muito vagas e pouco úteis. Como tal, ir-se-á investir em ações de formação adicionais por forma a melhor esclarecer os mecânicos da importância de um correto preenchimento do RDA, focando nas melhorias que tal poderá trazer para a sustentação dos Sistemas de Armas. Para além disso, durante o decorrer desta tese, o mestrando contribuiu para o processo de saneamento da lista de CAV's (Códigos de Avaria) utilizados no preenchimento do RDA, por forma a simplificar e facilitar a escolha do mais correto.

3.6.3.4 Avaliação de Condição

Na Força Aérea, a avaliação de condição que é feita atualmente consiste na medição de vibrações, testes de *performance* e análise de óleos.

No que diz respeito à medição de vibrações, esta apenas é realizada em alguns sistemas de armas, como o EH-101, o Alouette III ou o Epsilon TB-30. Estas medições têm por objetivo fazer uma monitorização da condição de alguns órgãos importantes como motores,

rotores ou caixas de transmissão. Atualmente cada medição é registada como uma obra do SIAGFA-MGM. Contudo, este registo apenas contém informação sobre a quantidade de horas-homem despendidas na ação. Os dados relativos à medição propriamente dita são vertidos num relatório, sendo esta informação armazenada posteriormente numa base de dados para análise futura do NFAC. Infelizmente, e por diversas razões, esta análise não tem sido realizada de forma sistemática e teria muito a ganhar se possuísse alguns automatismos. Por esta razão prevê-se que seja introduzida no novo SIAGFA-MGM, numa fase futura, a capacidade de associar estes dados ao registo da respetiva ação de manutenção. À luz destes factos, um Programa de Fiabilidade de Aeronaves viria trazer muita mais valia a este processo, fazendo todo o sentido que as Medições e Análises de Vibração fossem nele incorporadas.

Relativamente aos testes de *performance*, estes são realizados em alguns órgãos, como os motores do P-3C. Estas medições fazem parte do seu programa de manutenção, pois o critério de remoção para revisão geral depende do valor nelas obtido. À semelhança do que acontece com a medição de vibrações, os valores dos testes têm sido registados em bases de dados paralelas que não possuem ligação com o SIAGFA-MGM, mas prevê-se que a nova versão virá corrigir esta situação.

Quanto à análise de óleos, esta possui um módulo específico, pelo que será abordada em mais detalhe na secção 3.6.6.

3.6.4 Módulo de Gestão Operacional (SIAGFA-Operações)

O Módulo de Gestão Operacional é uma aplicação utilizada principalmente pela área operacional das Esquadras de Voo, uma vez que tem por objetivo auxiliar na gestão da atividade aérea na Força Aérea. Existem muitas entidades a alimentar informação neste módulo. Contudo, dentro do âmbito deste trabalho, apenas interessam duas fontes. Uma delas é a tripulação, a qual preenche o modelo 1M (abordado na secção 3.6.1), carregando depois estes dados no SIAGFA-Operações. A outra é a Secção de Operações de cada Esquadra de Voo ou Grupo Operacional, a qual é responsável por indicar os voos planeados que foram cancelados, especificando o motivo desse cancelamento.

Apesar da informação contida neste módulo ser quase exclusivamente operacional, existem alguns parâmetros que têm relevância para o PFA, nomeadamente as Horas de Voo realizadas por cada número de cauda, a Situação Operacional das aeronaves ao longo do tempo, o número de aterragens, o número de cancelamentos e respetivo motivo.

3.6.5 Módulo de Gestão de Material (SIAGFA-GESTMAT)

O Módulo de Gestão de Material é uma aplicação do âmbito de Abastecimento (Logística). Como tal, as entidades que o utilizam são a Esquadra de Abastecimento, responsável pela receção de material na Unidade, expedição para o Depósito Geral e distribuição para

as Esquadras, e a Secção de Controlo de Material da Esquadra, responsável por requisitar o material necessário para as ações de manutenção e devolução ao Abastecimento de material não-conforme.

Sendo que o SIAGFA-MGM apenas depende deste módulo para as referências do material que são associadas aos itens controlados, o SIAGFA-GESTMAT tem pouca importância para o cálculo de indicadores fiabilísticos. Contudo, ao aliar a fiabilidade com a informação logística que este módulo disponibiliza, passa-se a dispor de uma ferramenta de gestão de grande interesse para análises de manutibilidade e para a exploração sustentável do Sistema de Armas.

3.6.6 Módulo de Análise de Óleos (SIAGFA-MAO)

Um tipo de tarefa de manutenção presente em praticamente todos os sistemas de armas da FA é a recolha e análise de óleos. Esta tarefa consiste num método de controlo da condição, que é muito útil na área de motores, transmissões mecânicas e sistemas hidráulicos, permitindo detetar potenciais problemas com alguma antecipação. O SIAGFA possui um módulo para este efeito denominado de Módulo de Análise de Óleos do SIAGFA (SIAGFA-MAO). Este módulo é utilizado pelo pessoal das Manutenções, para efetuarem os pedidos de análise, pelos técnicos dos laboratórios SOAP (*Spectrometric Oil Analysis Program*), para registarem os resultados das análises, e pelos engenheiros do NFAC, para gerirem e supervisionarem o processo. É de referir que o novo SIAGFA-MGM irá substituir também este módulo, incorporando as suas funções.

É de todo desejável que o PFA inclua este processo, de modo a se melhorar o controlo de condição dos órgãos afetos, tanto ao nível dos consumos de óleo como dos níveis de contaminação detetados.

3.6.7 Relatórios Técnicos

Uma das fontes que também tem uma grande importância para o PFA são os Relatórios Técnicos. Esta categoria de documentos abrange diversas origens e formatos. Alguns destes documentos encontram-se localizados nos sistemas de informação, enquanto que outros apenas existem em papel, estando arquivados em localizações apropriadas, onde podem ser consultados.

Estes documentos incluem, mas não exclusivamente, os seguintes:

3.6.7.1 Relatórios do Fabricante ou Operador

De uma forma geral, aqui estão compreendidos todos os relatórios e pareceres técnicos que sejam emitidos pelo fabricante de uma aeronave e/ou componente, ou por outro operador do sistema de armas. Estes têm tipicamente um carácter inopinado, i.e., ape-

nas são produzidos mediante uma solicitação por parte do utilizador. O seu conteúdo pode incluir estudos de fiabilidade de componentes ou sistemas previamente efetuados, esclarecimentos de dúvidas técnicas, estudos de alterações ao programa de manutenção, peritagens no âmbito de processos de investigação de acidentes, etc.

Nesta categoria podem também ser introduzidos relatórios enviados periodicamente, como por exemplo o *C-295M Reliability Report* que é enviado semestralmente pela Airbus Military, como parte do Programa de Fiabilidade que está contratualizado com a FA.

3.6.7.2 Relatórios de Reparação

Estes relatórios consistem nos documentos produzidos pelas entidades reparadoras externas, após realizarem ações de manutenção solicitadas pela FA. Estes relatórios têm uma grande importância por diversos motivos. Por um lado, permitem saber as tarefas executadas durante os trabalhos de manutenção, informação essa que pode ser vital no decorrer de estudos fiabilísticos detalhados a sistemas ou componentes específicos. Por outro lado, permitem verificar se a falha que originou o pedido de reparação foi confirmada ou não. Sem esta informação não é possível calcular o indicador MTBF, o qual será abordado na secção 3.7

3.6.7.3 Relatórios de Ensaios Não-Destrutivos (END)

É comum fazerem-se ensaios não-destrutivos em componentes das aeronaves, como parte do seu programa de manutenção. Muitas vezes, estes ensaios têm apenas como objetivo aferir uma determinada condição, não dando origem a nenhum relatório específico. Contudo, existe por vezes a necessidade de efetuar END's inopinados, no seguimento de um incidente ou como forma de confirmar suspeitas decorrentes de uma inspeção. Nestes casos é usual produzir-se um relatório detalhando os procedimentos seguidos e os resultados obtidos, informação essa que poderá ser útil em futuras análises de fiabilidade.

3.6.8 Relatórios de Ocorrências

Os Relatórios de Ocorrências, ou DIVOC's, consistem em documentos que são produzidos em casos de incidentes ou acidentes, que tenham impacto para a operação ou para a segurança. Estes reportes são geralmente feitos pela tripulação ou pelo pessoal da manutenção, sendo encaminhados para o Gabinete de Prevenção de Acidentes (GPA) da Base Aérea, o qual procede à sua introdução no Módulo de Prevenção de Acidentes do SI-AGFA (SIAGFA-SIPA). Posteriormente, a ocorrência é alvo de investigação no âmbito da Inspeção Geral da Força Aérea (IGFA), para apurar a sua causa e evitar a sua repetição.

Em termos do PFA, a importância destes relatórios prende-se com os reportes de falha de motor em voo, ou *In-Flight Shutdowns* (IFSD), os quais são necessários para o cálculo de indicadores fiabilísticos na área dos motores.

3.7 Métricas e Indicadores

As métricas e indicadores fiabilísticos são um dos aspetos mais importantes de um programa de fiabilidade, uma vez que é através deles que se consegue aferir o ponto de situação das aeronaves e equipamentos e detetar potenciais problemas, de uma forma sistemática e objetiva.

Os indicadores utilizados no PFA dividem-se em cinco grupos distintos: Aeronaves; Sistemas; Componentes; Grupo de Potência; Célula/Estrutura. De seguida, irá passar-se a apresentar e definir os indicadores em causa.

3.7.1 Aeronaves

O conjunto de indicadores associado às aeronaves tem como objetivo aferir, de uma forma muito geral, a empregabilidade do Sistema de Armas e em que medida é que as aeronaves dão resposta às necessidades operacionais.

3.7.1.1 Disponibilidade de Aeronaves (DA)

A Disponibilidade de Aeronaves (DA) é um indicador que representa, de uma forma abrangente, o produto de todo o sistema de sustentação do SA. Mostra, em forma de percentagem, o período de tempo em que cada aeronave esteve disponível para ser operada (situações PC ou PI, conforme definidas no Apêndice D), num determinado intervalo de tempo. Diversos fatores contribuem para o valor deste indicador como, por exemplo, o planeamento da manutenção, os requisitos de voo, a disponibilidade de material e de recursos humanos, etc.

A DA é calculada da seguinte forma:

$$DA = \frac{PC + PI}{TH} \times 100$$

PC – n^o horas em que a aeronave esteve em situação PC
 PI – n^o horas em que a aeronave esteve em situação PI
 TH – n^o horas correspondentes ao intervalo de tempo em análise

Apesar deste indicador por si só já ser relevante, ao ser conjugado com a duração dos períodos em que a aeronave não esteve disponível, apresentando a informação de uma forma gráfica, é possível ter uma perceção rápida do comportamento da frota. Esta análise permite apurar as causas para os desvios ou incumprimento das metas pretendidas. Os períodos de interesse são os relativos ao tempo de manutenção programada, ao tempo de manutenção corretiva e ao tempo de inatividade relativo a atrasos logísticos ou administrativos (falta de material, a aguardar parecer técnico, etc.).

3.7.1.2 Taxa de Cumprimento de Missão (TCM)

A Taxa de Cumprimento de Missão (TCM) é um indicador que permite avaliar a eficácia da frota, dando indicação das suas vulnerabilidades. Consiste na taxa de missões

que foram cumpridas por um determinado sistema de armas face aquelas que estavam planeadas. Aqui o cálculo não é efetuado para cada número de cauda, uma vez que, se uma aeronave que estava escalada para realizar uma missão ficar indisponível, mas existir outra que possa tomar o seu lugar, considera-se a missão cumprida. No entanto, numa análise mais detalhada, é importante ter em conta este fator, pois uma elevada TCM à custa de um elevado número de aeronaves de reserva traduz uma gestão cara e ineficiente do SA.

Assim, este indicador é bastante importante para a área operacional, uma vez que permite determinar os fatores que mais penalizam a operacionalidade do SA e a sua capacidade para cumprir as missões que lhe são atribuídas, entre eles, a fiabilidade das aeronaves. A TCM_{Tot} é calculada da seguinte forma:

$$TCM_{Tot} = \frac{MP - MC_{Tot}}{MP} \quad \begin{array}{l} \bullet MP - \text{n}^\circ \text{ missões planeadas} \\ \bullet MC_{Tot} - \text{n}^\circ \text{ missões canceladas total} \end{array}$$

Do ponto de vista da manutenção, existe um maior interesse em analisar os cancelamentos que são imputáveis a si, uma vez que os restantes devem-se a outras razões como meteorologia, falta de tripulações, etc. Como tal, calcula-se também a taxa de cumprimento de missão considerando apenas os cancelamentos técnicos (TCM_{Tec}):

$$TCM_{Tec} = \frac{MP - MC_{Tec}}{MP} \quad \begin{array}{l} \bullet MP - \text{n}^\circ \text{ missões planeadas} \\ \bullet MC_{Tec} - \text{n}^\circ \text{ missões canceladas por motivos técnicos} \end{array}$$

Toda esta informação pode ser compilada mensalmente, de forma tabular, e visualizada graficamente, em termos da sua evolução.

3.7.2 Sistemas

A monitorização dos sistemas é realizada pelo índice de anomalias reportadas por sistema. Este indicador permite dar um primeiro alerta para analisar outros parâmetros, nomeadamente aqueles relacionados com componentes, que serão abordados mais à frente, na secção 3.7.3.

3.7.2.1 Índice de Anomalias (IA)

Esta métrica é a primeira etapa na análise da "saúde" do Sistema de Armas ou de uma aeronave em particular, uma vez que olha para as aeronaves mais pormenorizadamente do que os indicadores da secção 3.7.1, mas abordando os sistemas ainda de uma forma geral. No caso de um sistema apresentar um número de anomalias mais alto do que seria de esperar, pode ser pertinente avaliar posteriormente os indicadores específicos dos componentes desse sistema.

As anomalias reportadas são divididas em OPREP's (reportes da tripulação) e MA-REP's (reportes da manutenção). Uma vez que, dependendo do SA, pode haver uma

maior ou menor proximidade entre a tripulação e a manutenção (em alguns casos, parte da tripulação é constituída por elementos da manutenção), estes reportes podem também ser vistos em termos do total de anomalias reportadas (OPREP's + MAREP's). Para que seja possível fazer comparações, esta métrica é normalmente apresentada sob a forma de um índice de anomalias por cada 100 HV⁴, que é calculado da seguinte forma:

$$IAO = \frac{OPREP_s}{HV} \times 100$$

$$IAM = \frac{MAREP_s}{HV} \times 100$$

- *IAO* – índice de anomalias em voo
- *IAM* – índice de anomalias na manutenção
- *OPREP_s* – n° de anomalias reportadas pela operação
- *MAREP_s* – n° de anomalias reportadas pela manutenção
- *HV* – n° horas de voo realizadas

Esta métrica é apresentada em forma de uma tabela e estruturada por sistema (capítulo ATA ou pelos dois primeiros dígitos do n° de IC), podendo ser aplicada ao Sistema de Armas em geral ou a um número de cauda em particular, para um determinado intervalo de tempo.

Uma vez que também é útil ver uma evolução temporal do número de reportes de anomalias, também é possível apresentar a informação relativa a um determinado sistema (para o Sistema de Armas ou para um número de cauda em particular), num determinado período de tempo.

3.7.3 Componentes

É neste grupo que se concentra a grande parte dos indicadores fiabilísticos utilizados no PFA. Por um lado, tratam-se de indicadores direcionados a equipamentos e componentes específicos, permitindo fazer uma avaliação mais detalhada do seu comportamento. Por outro lado, uma vez que existem diversos tipos de componentes, com conceitos de manutenção diferentes, nem todos os indicadores são aplicáveis a todos os componentes, daí que seja necessário possuir um leque de indicadores relativamente diversificado.

É ainda de referir que todos os indicadores estão definidos em termos de Horas de Voo e/ou Horas de Operação. Isto deve-se ao facto de a utilização da maior parte dos componentes de uma aeronave ser diretamente proporcional a estes parâmetros. Contudo, no caso de componentes em que faça mais sentido o cálculo com base nos seus ciclos de utilização, como por exemplo o trem de aterragem, os indicadores a seguir apresentados podem ser utilizados substituindo as variáveis de horas por ciclos.

⁴É utilizado o valor de 100 HV por se tratar de uma ordem de grandeza adequada ao regime de esforço praticado na Força Aérea. Como comparação, a TAP normaliza os seus indicadores com um valor de 1000 HV devido ao seu maior volume de horas efetuadas

3.7.3.1 *Time Since Instalation (TSI)*

O TSI, ou tempo desde instalação, é uma métrica com especial utilidade durante um processo de investigação ou estudo de fiabilidade detalhada de um componente em concreto. Através desta métrica é possível construir um mapa das instalações, operação e remoções de um ou mais componentes, o qual poderá trazer pistas para a origem de um eventual comportamento anómalo de um equipamento.

Para tal, é compilada numa tabela, para um determinado intervalo de tempo, a informação relativa à referência de fabricante, número de série, data de instalação, data de remoção, tempo desde instalação em dias de calendário, tempo desde instalação em horas de operação, código de avaria que levou à remoção e nº da obra de remoção. Para uma maior facilidade de visualização, esta informação pode ser também apresentada de forma gráfica.

3.7.3.2 *Unscheduled Removal Rate (URR)*

A *Unscheduled Removal Rate* (URR), ou Taxa de Remoções Prematuras, é um indicador que mede o número de vezes que um determinado componente é removido de forma não programada, i.e., devido a apresentar ou existir suspeita de falha. No cálculo deste indicador consideram-se tanto as remoções devido a falhas que venham a ser confirmadas como as que não se confirmam. Excluem-se remoções administrativas, canibalizações ou por motivos de planeamento, em que o item é removido em boas condições de funcionamento. À semelhança do Índice de Anomalias, é tipicamente calculado como um valor remoções por cada 100 HV.

De uma forma geral, a URR é calculada da seguinte forma:

$$URR = \frac{RP}{\sum HO_{comp}} \times 100$$

- RP – nº remoções prematuras no período em causa
- HO_{comp} – nº horas de operação de cada componente, realizadas no período em causa

Quando aplicada a itens não controlados por Número de Série, não é possível utilizar a fórmula anterior, uma vez que não existe registo histórico dos componentes que permita a contabilização das horas de voo/funcionamento. Nestes casos, as remoções são contabilizadas por Item de Configuração (IC) e a URR calcula-se da seguinte forma:

$$URR = \frac{RP}{Q_{AC} \times HV} \times 100$$

- RP – nº remoções prematuras registadas no ATA ou CUT, no período em causa
- Q_{AC} – quantidade de componentes existentes na aeronave, associados ao IC
- HV – nº horas de voo realizadas no período em causa

3.7.3.3 *Mean Time Between Unscheduled Removals (MTBUR)*

O MTBUR, ou tempo médio entre remoções prematuras, não é nada mais do que o inverso da URR, apresentando o mesmo tipo de indicação, mas desta vez sob a forma de um número médio de horas de funcionamento ou de voo, consoante o equipamento possua funcionamento próprio ou não. Para além da falha dos equipamentos, o MTBUR, quando comparado com outros indicadores, pode também refletir potenciais problemas com a ineficácia dos manuais ou procedimentos técnicos, com a qualificação de pessoal deficiente, etc. Aplica-se ao mesmo tipo de componentes que a URR e calcula-se da seguinte forma:

$$MTBUR = \frac{\sum HO_{comp}}{RP}$$

- RP – n° remoções prematuras no período em causa
- HO_{comp} – n° horas de operação de cada componente, realizadas no período em causa

3.7.3.4 *Mean Time Between Failures (MTBF)*

O MTBF, ou tempo médio entre falhas, é um indicador que se pode aplicar a qualquer componente que possa ser alvo de reparação, i.e., após a sua falha, é possível devolvê-lo, através de uma ação de manutenção, a uma condição de funcionamento. Assim, o MTBF indica o tempo médio que um equipamento consegue operar até necessitar de ser reparado. Assim, é importante referir que, para este indicador, apenas são consideradas remoções devido à falha do componente, em que se venha a verificar que este se encontrava de facto avariado (remoções justificadas). Por outras palavras, remoções que sejam motivadas por suspeita de anomalia num componente, e em que mais tarde se verifique que este se encontrava funcional, não são consideradas para o cálculo do MTBF. A justificação da remoção é obtida através do relatório de reparação. Por todas estas razões, este indicador é aquele que melhor permite realizar uma previsão de falha, muito utilizada nos estudos de fiabilidade detalhada.

Como já foi referido na secção 3.6.3.3, a atual versão do SIAGFA-MGM não permite obter a justificação da remoção, pelo que só a partir da entrada em produção da nova versão é que será possível calcular este indicador. O cálculo efetua-se da seguinte forma:

$$MTBF = \frac{\sum HO_{comp}}{RJ}$$

- RJ – n° remoções justificadas no período em causa
- HO_{comp} – n° horas de operação de cada componente, realizadas no período em causa

3.7.3.5 *Verification Rate (VR)*

A VR, ou taxa de verificação, consiste num indicador simples que transmite a relação entre o número de remoções justificadas, i.e., o número de remoções em que se veio a confirmar a falha do item, e o número total de remoções prematuras, utilizadas no cálculo

do MTBUR. Por norma, este indicador é apresentado na forma de uma percentagem e é calculado da seguinte maneira:

$$VR = \frac{RJ}{RP}$$

- RJ – n° remoções justificadas no período em causa
- RP – n° remoções prematuras no período em causa

3.7.3.6 Mean Time To Failure (MTTF)

O MTTF, ou tempo médio até à falha, é um indicador similar ao MTBF. Contudo, enquanto que o último se aplica a componentes com registo, i.e., que sejam controlados por S/N, o MTTF aplica-se a componentes não controlados, como vedantes, condutas, cablagens elétricas, lâmpadas, etc., em que após a falha são descartados, não sofrendo nenhum tipo de ação de manutenção que restitua a sua condição de funcionamento. Uma vez que não existe controlo sobre estes componentes, não existe um registo das remoções por P/N, pelo que a única forma de efetuar o cálculo é pelo IC. Por esta razão, e por não ser prático monitorizar todos os IC's não controlados de um SA, caberá à GSA definir os IC's que pretende incluir no PFA. O MTTF é calculado da seguinte forma:

$$MTTF = \frac{HV \times Q_{AC}}{R}$$

- HV – n° horas voo realizadas no período em causa
- Q_{AC} – quantidade de componentes existentes na aeronave, associados ao IC
- R – n° remoções devido a falha ou não-conformidade, no período em causa

3.7.4 Grupo de Potência

Apesar de o grupo de potência também ser constituído por componentes da aeronave, mais concretamente pelos motores, hélices e APU's (quando aplicável), neste grupo de indicadores apresentam-se as métricas e indicadores que são de uso específico para estes componentes, não sendo aplicáveis a outros equipamentos.

3.7.4.1 In-Flight Shutdowns Rate (IFSDR)

No âmbito da fiabilidade orientada para o evento, discutida na secção 2.3.3, e devido à criticidade e impacto para a segurança que o grupo moto-propulsor tem, importa monitorizar a taxa com que alguns eventos ocorrem nos motores. Pela sua aplicabilidade na Força Aérea, decidiu-se monitorizar apenas a Taxa de Falhas de Motor em Voo (IFSDR). Atualmente, o SIAGFA-MGM não possui nenhum campo nos seus registos que permita registar um *In-Flight Shutdown* (Falha de Motor em Voo). Contudo, esta informação pode ser obtida a partir do SIAGFA-SIPA, uma vez que estas ocorrências obrigam ao preenchimento de um DIVOC. Assim, o IFSDR é calculado da seguinte forma (ocorrências por cada 100 HO):

$$IFSDR = \frac{IFSD}{\sum HO_{motor}}$$

- $IFSD$ – n° de falhas de motor em voo
- HO_{motor} – n° horas de operação de cada motor, no período em causa

3.7.4.2 Consumo de Óleo

A verificação e reposição de níveis de óleo é uma ação de manutenção rotineira, tipicamente realizada diariamente. Enquanto que fugas externas são facilmente detetadas pelos mecânicos, outros tipos de fugas menos evidentes, ou outras situações anômalas, apenas poderão ser detetadas através da monitorização da frequência e quantidade de óleo utilizada nos atestos. De outra forma, estes problemas estão sujeitos a apenas serem detetados em inspeções programadas mais detalhadas, altura em que poderão já ter atingido dimensões mais graves. Assim, a monitorização do consumo de óleo é importante no âmbito do PFA.

No atual SIAGFA-MGM, os registos de manutenção ainda não permitem a indicação da quantidade de óleo adicionada. Contudo, a nova versão já inclui este requisito, pelo que será possível apresentar, por exemplo de uma forma mensal, o consumo de óleo efetuado por cada motor, hélice e APU.

3.7.4.3 Desempenho do Motor

Apesar de não ser aplicável a todos os Sistemas de Armas, alguns deles possuem motores cujos conceitos de manutenção preveem a monitorização do nível de desempenho dos mesmos como condição para a realização de certas tarefas de manutenção. Para além disso, mesmo o conceito de manutenção não o requeira, alguns SA's permitem o descarregamento informático do registo de diversos parâmetros associados ao funcionamento dos motores.

A monitorização regular destes parâmetros é importante pois pode permitir a previsão de uma falha, antes que esta ocorra. Esta capacidade é extremamente útil dado o elevado valor que está normalmente associado com a reparação destes componentes, para além das implicações que a falha destes pode ter para a segurança em voo.

Assim, e apesar de, atualmente, este tipo de informação ser registado/guardado em bases de dados próprias ou em aplicações proprietárias, existe todo o interesse em poder tê-la disponível num repositório central, onde esteja acessível a todas as entidades que dela possam necessitar.

3.7.4.4 Medição de Vibrações

A medição de vibrações de equipamentos com componentes rotativos, como é o caso daqueles associados ao grupo de potência de uma aeronave, é uma metodologia de análise de condição que, à semelhança das métricas associadas ao desempenho dos motores, pode

permitir a previsão ao deteção atempada de situações anómalas que, a longo prazo, podem levar à falha total do equipamento e/ou a custos elevados com a sua reparação.

Como tal, apesar de não se utilizarem indicadores específicos para esta área, é importante a existência de um registo histórico central e informático das medições efetuadas, bem como a monitorização e análise periódicas das mesmas.

3.7.5 Célula / Estrutura

A monitorização da "saúde" estrutural das aeronaves é tão importante como as restantes áreas anteriormente apresentadas. Contudo, devido à complexidade da célula ou estrutura de uma aeronave, bem como da diversidade dos danos ou anomalias que a ela podem estar associados, pode ser difícil determinar a existência de problemas numa determinada zona ou peça da mesma maneira que acontece com componentes concretos de sistemas.

Por esta razão, a definição de indicadores que sejam úteis e eficazes para esta área não é prática. Contudo, tanto o Núcleo de Estruturas e Materiais (NEM) da DEP como a GSA deverão olhar periodicamente para os registos de manutenção associados a reparações estruturais, tratamentos/remoções de corrosão e realização de END's, com o intuito de tentar identificar tendências associadas com um aumento do aparecimento de fissuras em determinadas zonas, danos estruturais derivados da operação, etc.

Tendo em conta que alguns SA's possuem programas de controlo da vida de fadiga, este tipo de dados poderá ser interessante, contribuindo para a validação das áreas críticas da aeronave. Para além disso, estes registos poderão também servir de fundamentação para a imposição de restrições ao envelope de operação, ajuste de intervalos e/ou tipos de manutenção, alterações de esquemas de pintura, entre outros.

3.8 Relatório de Fiabilidade

A recolha de dados e o cálculo de indicadores são atividades inúteis se não forem alvos de estudo e avaliação, nem utilizados como fundamentação na tomada de decisões relativas à exploração e sustentação eficientes de um Sistema de Armas. Como tal, é crucial que o PFA defina a elaboração periódica de relatórios de fiabilidade, bem como o envolvimento das entidades relevantes para a apresentação e discussão dos mesmos.

Como já foi dito anteriormente, o PFA pode ser adaptado às necessidades específicas de cada sistema de armas. Contudo, as linhas orientadoras aqui apresentadas constituem os requisitos mínimos que devem ser respeitados.

3.8.1 Periodicidade

Os relatórios de fiabilidade são documentos que devem ser gerados, preferencialmente de forma automática, pelo SIAGFA-MGM, por forma a garantir uniformização na apresentação e cálculo dos resultados, bem como aliviar a carga de trabalho das entidades envolvidas no PFA. A periodicidade da sua emissão poderá variar entre sistemas de armas. Deverá ser no mínimo semestral, mas preferencialmente trimestral.

3.8.2 Definição de Níveis de Alerta

A definição de níveis de alerta para os diversos indicadores e métricas utilizados é de grande importância, uma vez que são estes níveis que vão servir como chamada de atenção para a necessidade de análise mais pormenorizada ou profunda de um determinado sistema ou componente.

Tendo em conta o grande nível de complexidade de uma aeronave, a definição individualizada do nível de alerta para cada item de configuração seria um processo pouco prático. Como tal, o PFA estabelece uma forma padrão para o estabelecimento do nível de alerta, ou *Upper Control Limit* (UCL). No caso de se pretender calcular um nível de alerta para um indicador que se pretenda maximizar, como por exemplo o MTBF, deverá utilizar-se o *Lower Control Limit* (LCL). Estes níveis de alerta calculam-se da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 UCL &= GPL + k\sigma \\
 LCL &= GPL - k\sigma
 \end{aligned}$$

- *GPL* (*Good Performance Level*) – média dos valores
- *k* – fator multiplicativo
- σ – desvio padrão dos valores

Apesar de existirem vários métodos diferentes para o cálculo de níveis de alerta, a escolha deste prende-se com o facto de a Força Aérea apresentar níveis de operação pouco constantes. A utilização de um método que inclui o desvio padrão no cálculo permite adaptar-se relativamente bem a este tipo de situações. Contudo, este nível de alerta padrão serve apenas como um guia e ponto de partida, devendo ser possível ajustar o nível de cada item de configuração independentemente. Como ponto de partida, deverá usar-se um valor de $k = 2$, conforme é sugerido na bibliografia [5]

Uma vez que se pretende que o nível de alerta seja uma referência relativamente estável, este deverá ser calculado com uma quantidade de dados adequada. Como tal, decidiu-se utilizar dados referentes aos últimos 36 meses para o cálculo do GPL e do respetivo desvio padrão.

Uma vez definidos os níveis de alerta, é útil definir uma forma mais natural de chamada de atenção para a existência de situações que justifiquem o despoletar de um alerta, bem como da sua gravidade. Assim, adotou-se a utilização de um nível de alerta "Amarelo" e de um nível de alerta "Vermelho". O primeiro serve para identificar situações que requerem uma análise mais atenta, mas que poderão não constituir problema. O segundo

aplica-se a situações mais críticas, em que existe uma maior probabilidade da existência de um problema concreto. Estes níveis são definidos da seguinte forma:

- **Alerta "Amarelo"**: Quando o valor da média móvel a 3 Meses é igual ou superior ao valor do *GPL*
- **Alerta "Vermelho"**: Quando o valor da média móvel a 3 Meses é igual ou superior ao valor do *UCL*

3.8.3 Utilização de Médias Móveis

Para além dos níveis de alerta, a utilização de médias móveis permite uma observação mais sensível aos eventos. As médias móveis são utilizadas para visualizar o desempenho de um determinado equipamento ao longo do tempo, quando este apresenta grandes variações a curto prazo. É muito usual a existência de equipamentos cujo valor de um indicador possa variar significativamente de mês para mês (por exemplo, valor do MTBF passar de 10.000 para 6.000 e depois para 20.000 HV no espaço de 3 meses). Estas variações constituem ruído natural dos dados. Assim, para que se possa ter uma imagem concreta da evolução do desempenho de um item, é calculada uma média dos dados ao longo de um período de tempo fixo, previamente determinado, terminando no mês em questão. Esta média é denominada de média móvel.

A definição do período de tempo utilizado no cálculo destas médias é crítico e requer algum equilíbrio. Por um lado, ao escolher-se um período muito curto, este pode não ser suficiente para conseguir filtrar o ruído dos dados. Por outro lado, ao usar-se um período muito longo, uma alteração significativa no desempenho medido vai demorar mais tempo a ser visualizada.

Tipicamente são utilizadas médias móveis a 3 e a 12 meses. Uma vez que se entende que a utilização destes dois períodos constituiu um bom compromisso, com a possibilidade de ver a evolução de fundo (através da média a 12 meses), sem perder a visão a curto prazo (através da média a 3 meses), decidiu-se incluir ambas nos relatórios de fiabilidade.

3.8.4 Estrutura

Os relatórios de fiabilidade, serão específicos para cada Sistema de Armas. Contudo deverão todos apresentar a seguinte estrutura:

- Fiabilidade do Sistema de Armas:
 - Total de HV voadas (por aeronave e total da frota);
 - Total de Ciclos/aterragens (por aeronave e total da frota);
 - Disponibilidade de Aeronaves dos últimos 12 meses;

- Taxa de Cumprimento de Missão mensal durante os últimos 24 meses;
- Fiabilidade de Sistemas:
 - Tabelas do IAO, IAM e IA total, por sistemas;
 - Evolução do IAO, IAM e IA total, durante os últimos 24 meses, para os sistemas que despoletaram alertas nas tabelas anteriores;
- Fiabilidade de Componentes:
 - Mapa de Fiabilidade com URR, MTBUR, MTBF e VR, para os seguintes componentes:
 - * Componentes cujo URR despoletou um alerta;
 - * Componentes que a GSA pretende que sejam sempre incluídos nos relatórios;
 - * Componentes com conceito de manutenção *Condition-Monitoring* (se aplicável);
 - * Componentes que façam parte do programa de fiabilidade do fabricante (se aplicável);
 - Mapa de MTTF para os itens não controlados por S/N, especificados no PFA do SA;
- Fiabilidade do Grupo de Potência:
 - Taxa de Falhas de Motor em Voo;
 - Desempenho de Motores (se aplicável);
 - Consumo de óleo (motores, hélices e APU);
- Análise Preliminar:
 - Secção de preenchimento manual pela entidade responsável por esta análise (ver secção 3.9.1), que tem como objetivo a apresentação do estudo inicial dos indicadores. Pode incluir tanto a indicação dos falsos-alarmes, como o resultado da análise de detalhe de possíveis problemas reais, a qual se pode socorrer do cálculo *ad-hoc* de indicadores não incluídos no relatório, mas previstos no PFA.

Um modelo deste relatório, seguindo a estrutura apresentada e utilizando dados de um dos Sistemas de Armas da Força Aérea, pode ser consultado no Apêndice E.

3.9 Análise e Avaliação

Até este ponto, foram apresentados os dados que se desejam recolher, os indicadores e métricas que se pretendem calcular com eles, e a forma como estes devem ser apresentados. Todas estas tarefas podem e devem ser automatizadas através do SIAGFA, uma vez que são repetitivas e facilmente parametrizadas. Contudo, se não houver recursos humanos a olhar para os resultados e a tirar conclusões a partir deles, os objetivos do PFA não serão alcançados.

Como tal, a análise e avaliação são uma parte importantíssima do PFA. Para as realizar, são necessárias pessoas, com um determinado conjunto de competências e conhecimentos adequados, a trabalhar em conjunto com o objetivo de otimizar e rentabilizar ao máximo a exploração dos Sistemas de Armas, sem nunca perder vista a segurança de voo.

3.9.1 Intervenientes e Responsabilidades

A fiabilidade de uma aeronave é algo que depende de diversos fatores e que abrange diversas áreas (operação, manutenção, fatores ambientais, etc.). Por esta razão, é muito importante que o conjunto de entidades que forem envolvidas no processo de análise dos dados fiabilísticos abranja todo esse espectro.

Estas entidades formam o Grupo de Trabalho de Fiabilidade, o qual deverá reunir-se com a mesma periodicidade da emissão do Relatório de Fiabilidade apresentado na secção anterior, e deve ser constituído por representantes das seguintes áreas:

- **Diretor do Departamento de Engenharia (DE):** o Diretor do DE da DEP deverá presidir às reuniões do Grupo de Trabalho. Terá como responsabilidades promover uma boa interligação entre as diferentes partes que constituem o Grupo e garantir que todas as possíveis anomalias que sejam identificadas são devidamente abordadas, através da definição de ações corretivas.
- **Núcleo de Fiabilidade e de Análise de Condição (NFAC):** Como pessoal que se pretende que seja especializado em fiabilidade, o NFAC será a entidade primariamente responsável pelo processo de gestão da fiabilidade. Não estando associado a nenhum SA em concreto, conseguirá contribuir com experiência e *know-how* transversais e abrangentes às diversas aeronaves da Força Aérea. Terá como responsabilidades, entre outras, promover a realização das reuniões de análise do Relatório de Fiabilidade e manter um registo de controlo dos problemas de fiabilidade já identificados e da implementação das respetivas ações corretivas.
- **Gestão do Sistema de Armas (GSA):** Sendo responsável por garantir a aeronavegabilidade continuada do respetivo Sistema de Armas, bem como gerir a logística associada à sustentação do mesmo e dar suporte técnico, a GSA é um elemento

fundamental deste Grupo de Trabalho. Apesar de dever ter alguns conhecimentos de fiabilidade, não será tão especializado como o NFAC. Contudo, possui um conhecimento bastante mais profundo e detalhado da aeronave e do seu conceito de manutenção, conhecimento esse que é valiosíssimo para esta fase de análise e avaliação.

- **Manutenção:** Tipicamente representada pela figura do Oficial de Manutenção, mas que poderá ser substituído/auxiliado por outros oficiais ou mecânicos debaixo da sua alçada. A Manutenção é a responsável por cuidar e aprontar as aeronaves. Como executantes do Programa de Manutenção, trazem um conhecimento empírico muito rico acerca dos problemas mais comuns, da aplicabilidade de determinadas ações corretivas, etc.
- **Análise de Produção:** Esta secção, que faz parte da Manutenção da Esquadra de Voo, é responsável por monitorizar a fiabilidade do SA e realizar a primeira análise dos indicadores e dados fiabilísticos, preenchendo o campo da "Análise Preliminar" do Relatório de Fiabilidade. Esta análise deve, tanto quanto possível, filtrar os "falsos-alarmes" e apresentar possíveis justificações para o comportamento de alguns indicadores, que estejam dentro do âmbito da Manutenção. Sempre que possível, deve também apontar possíveis ações corretivas para as situações que podem constituir problemas reais. Por uma questão de insuficiência de recursos humanos, esta responsabilidade poderá ser acumulada por outra secção da Manutenção, como a Área de Planeamento e Controlo (APC), ou, se assim se entender, pela GSA.
- **Esquadra de Voo:** Sendo a entidade responsável pela operação propriamente dita do SA, é de todo o interesse incluir a Esquadra de Voo neste grupo. Esta deverá fazer-se representar preferencialmente por um elemento da Secção de Uniformização e Avaliação, uma vez que esta tem um bom conhecimento dos procedimentos e práticas operacionais em vigor. Contudo, a Esquadra poderá fazer-se representar por um elemento de outra secção, se entender que tal irá trazer mais valia para o trabalho do grupo.

Quando se achar pertinente, este Grupo de Trabalho pode ser complementado com elementos provenientes de outras entidades como núcleos do Departamento de Engenharia, pessoal das oficinas de apoio (*backshops*), pessoal do apoio em terra, etc.

Deverá também ser possível convocar reuniões extraordinárias do Grupo de Trabalho, quando um dos seus elementos identificar ou um problema de fiabilidade, ou lhe seja reportado um, cuja análise necessite de ser efetuada antes da data planeada para a reunião seguinte.

3.9.2 Processo

A gestão da Fiabilidade é um processo primariamente liderado pelo NFAC e que se centra na análise dos dados de fiabilidade pelas diversas entidades envolvidas, culminando com uma análise conjunta e determinação de ações corretivas pelo Grupo de Trabalho da Fiabilidade anteriormente mencionado. O diagrama que esquematiza este processo pode ser visto na figura 3.3.

Explicando o processo de uma forma geral, este inicia-se com a geração automática do Relatório de Fiabilidade, o qual apresenta a estrutura apresentada na secção 3.8. A primeira entidade responsável por analisar o relatório é a Área de Análise de Produção (ou outra entidade à qual tenha sido atribuída esta responsabilidade). Após esta primeira análise, o relatório é completado com esta informação e é submetido ao NFAC, GSA e Esquadra de Voo. Cada uma destas entidades é responsável por fazer uma análise independente do relatório, dentro das áreas que mais lhe digam respeito, socorrendo-se dos dados existentes no relatório, de outros indicadores que o SIAGFA-MGM terá a possibilidade de fornecer, ou de informação proveniente de outras fontes pertinentes. Esta análise deverá incluir uma pré-determinação de causas possíveis para os problemas/anomalias detetados e potenciais ações corretivas para os resolver. Após um período para a realização deste estudo, o NFAC agenda a reunião do Grupo de Trabalho para discussão das conclusões retiradas e definição das ações corretivas necessárias e respetivos Planos de Implementação. Se no decorrer da reunião se verificar que existe necessidade apoio técnico de outras entidades ou de estudo mais aprofundado de uma ou mais situações, tal poderá solicitado, agendando nova reunião com os novos dados, caso necessário. O processo conclui-se com o controlo da implementação das Ações Corretivas, processo esse que se desenvolvido em mais detalhe na secção 3.10.1.

Esta reunião do Grupo de Trabalho da Fiabilidade, a qual deverá realizar-se com a mesma periodicidade com que o Relatório de Fiabilidade é gerado, é a única que tem um carácter obrigatório. Contudo, se existir um reporte de uma situação anómala específica que justifique uma análise imediata, este processo pode também ser desencadeado numa base *ad-hoc*.

3.9.3 *Guidelines* para a Avaliação

A avaliação dos dados fiabilísticos detalhados no Relatório de Fiabilidade é um processo que se consegue parametrizar, mas apenas a nível relativamente elevado. A identificação de problemas concretos exige sensibilidade que apenas se consegue adquirir através de conhecimentos técnicos e experiência. Nesta secção serão apresentadas algumas *guidelines* e procedimentos para auxiliar neste processo de avaliação.

O primeiro passo na avaliação de um alerta é a determinação da validade do mesmo. Isto é geralmente feito observando os padrões de evolução das taxas de falhas e das

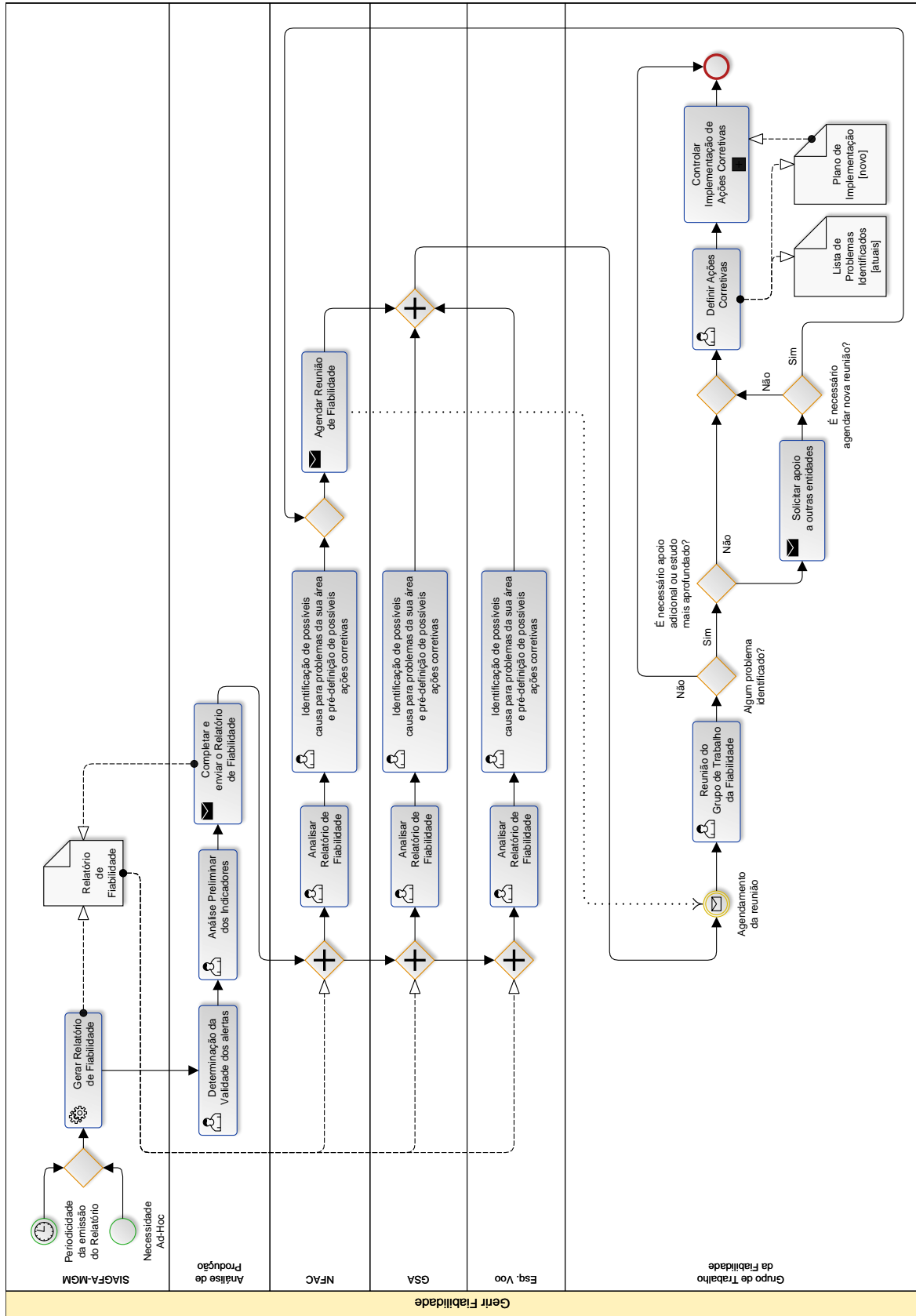


Figura 3.3: Diagrama BPMN (*Business Process Model and Notation*) do processo de Gestão da Fiabilidade

respetivas médias móveis. Se o padrão for normal, ou seja, não existir nenhuma tendência de aumento, pode-se considerar como um "falso-alarme". No caso de não haver uma tendência óbvia, mas existir algum grau de dúvida, o item pode ser referenciado para voltar a ser analisado no próximo período. De uma forma geral, apenas deverá ser motivo para alarme uma situação em que a média móvel a 3 meses esteja acima do UCL durante dois ou mais meses consecutivos.

Após se confirmar que o alerta num determinado sistema é válido, deve-se primeiramente identificar de que sistema se trata e se o problema estende-se a todo ele ou apenas a equipamentos específicos. Isto deve-se ao facto de existirem sistemas que abrangem um elevado número de equipamentos e componentes, enquanto que outros são mais limitados. Para além disso, deve-se procurar determinar se o alerta está a ser causado por uma aeronave em particular ou pela generalidade da frota.

Caso se verifique que as falhas se encontram distribuídas por todo o sistema, deverá procurar-se saber se os seus equipamentos são todos intervencionados pela mesma equipa ou setor de trabalho e se existe alguma não-conformidade, quer ao nível da manutenção realizada, das condições de trabalho ou das ferramentas e equipamentos de apoio utilizados. A causa do problema poderá também residir num fornecedor ou entidade reparadora comum a todo o sistema afetado. No caso de a falha ser específica de uma aeronave ou número de série, o problema poderá dever-se a um piloto, tripulação ou mecânico específicos.

No caso de se verificar que o alerta se deve a um ou mais equipamentos específicos, deverá partir-se para uma análise de fiabilidade detalhada, através do cálculo do MTBUR, MTBF, identificação dos tempos de instalação, consulta de registos históricos e de relatórios de reparação, etc. Tipicamente, todos os problemas enquadram-se numa das seguintes categorias: Pessoas; Procedimentos de Manutenção; Componentes; Programa de Manutenção; Condições do Ambiente; Interferência Elétrica ou Mecânica; Procedimentos da Tripulação; Necessidade de Redesenho [5]. A análise detalhada é um processo que depende em grande medida do tipo de equipamento em causa, pelo que a experiência e sensibilidade do analista é fundamental para o seu sucesso. Contudo, por forma a providenciar algumas linhas orientadoras para auxiliar este processo, apresentam-se na tabela 3.2 alguns dos "sintomas" que podem ser detetados e algumas possíveis causas para os mesmos.

É importante que, com o aumento de experiência por parte dos membros do Grupo de Trabalho de cada Sistema de Armas, esta tabela vá sendo atualizada, servindo como repositório comum de conhecimento e de *lessons-learned*.

Tabela 3.2: Listagem de alguns "sintomas" a ter em atenção e respetivas causas possíveis

Sintomas	Possíveis Causas
- Valor de IAO elevado	- Qualificação dos tripulantes deficitária; - Sistema em geral com problemas de funcionamento.
- Valor de IAM elevado	- Registos de manutenção incorretos; - Sistema em geral com problemas de funcionamento.
- Valor de IAO e/ou IAM apresentam valores altos apenas em alguns períodos do ano	- Sistema/Equipamento pode ter uma utilização sazonal.
- Valor de MTBUR baixo	- Se o valor do MTBF for significativamente mais alto, o processo de <i>troubleshooting</i> pode ser deficiente; - Se o valor for semelhante ao MTBF, ver possíveis causas de um valor baixo de MTBF.
- Valor de MTBF baixo	- Quantidade de dados não tem relevância estatística; - Operação incorreta do equipamento; - Sistema em geral com problemas de funcionamento; - Processo de reparação do equipamento é deficiente; - Se o item estiver abrangido por um programa de <i>exchange</i> , pode tratar-se de um "falso alarme".
- Valor de TCM baixo	- Planeamento da manutenção feito sem ligação à área operacional; - Elevada carga de manutenção corretiva (verificar análise de DA); - Quantidade insuficiente de aeronaves atribuídas/de reserva, face às necessidades operacionais; - Insuficiência de recursos materiais e/ou humanos na Manutenção.
- Valor de TCM anormalmente alto	- Quantidade excessiva de aeronaves atribuídas/de reserva, face às necessidades operacionais.

3.10 Ações Corretivas e Revisão do PFA

Conforme já abordado anteriormente, o intuito de um PFA é, de uma forma geral, a identificação e correção de problemas que possam existir num Sistema de Armas, por forma a manter ou melhorar a sua fiabilidade e segurança. A fase da identificação dos problemas já foi abordada na secção 3.9. Contudo, de nada serve conhecer os problemas se não forem tomadas medidas no sentido de os resolver. Um dos maiores problemas na correção das anomalias é que muitas vezes as causas são conhecidas mas são de difícil correção. Uma das mais valias de um PFA credível é o facto de permitir apresentar superiormente, de forma estruturada, objetiva e fundamentada, a informação que já se conhece empiricamente. Isto constitui um auxílio precioso na argumentação para a implementação de quaisquer

ações corretivas que sejam necessárias.

Para além disso, o PFA não deverá ser estático. Para que se possa assegurar uma melhor adequabilidade e efetividade, este programa deve ser dinâmico, sujeito a revisões periódicas dos seus elementos.

3.10.1 Definição de Ações Corretivas

Enquanto que a identificação de problemas é um processo que pode seguir, até certo ponto, uma lógica e um algoritmo bem definidos, a definição das ações corretivas a aplicar para os corrigir é um processo com um caminho menos definido, que assenta em grande parte na sensibilidade e experiência acumulada das pessoas nele envolvidas. É por esta razão que se pretende que o Grupo de Trabalho abordado na secção 3.9.1 seja constituído por elementos representantes de todas as vertentes do emprego e sustentação do Sistema de Armas.

No entanto, é possível apresentar algumas linhas orientadoras e ações corretivas aplicadas mais frequentemente. Estas últimas poderão passar por uma ou mais das seguintes opções:

- Alteração do modo de operação e/ou de manutenção;
- Alteração de tarefas do Programa de Manutenção (ajuste da frequência de tarefas, a adição, a modificação ou a eliminação de tarefas, etc.);
- Realização de uma inspeção especial inopinada e de carácter único a toda a frota;
- Modificação da aeronave ou de equipamentos específicos;
- Alteração do processo logístico associado ao fornecimento de consumíveis;
- Alteração do planeamento da mão-de-obra e equipamento para a realização de manutenção;
- Formação e qualificação de pessoal.

Estas ações corretivas podem ser implementadas imediatamente após a identificação de um problema, após a realização de um estudo fiabilístico de pormenor ou no final de um período de acompanhamento e observação detalhada do comportamento de um determinado item. No entanto, qualquer que seja o plano a adotar, este terá de ser definido aquando da reunião do Grupo de Trabalho, como resultado do trabalho prévio de análise e com carácter obrigatório.

Para que possa haver um rastreamento das ações corretivas a implementar, estas deverão ser descritas num Plano de Implementação. Este plano deverá conter as ações a implementar, a entidade responsável pela implementação e o respetivo prazo limite.

O Grupo de Trabalho que elabora o Plano de Implementação é depois responsável por controlar a implementação das ações. Este processo encontra-se representado na figura 3.4. Após as ações corretivas terem sido implementadas, o Grupo de Trabalho deverá efetuar uma avaliação de eficácia, com o objetivo de determinar se estas tiveram o efeito desejado. Se as ações foram eficazes, pode dar-se o problema como resolvido. Caso contrário, é necessário elaborar um novo Plano de Implementação, com um novo conjunto de ações corretivas.

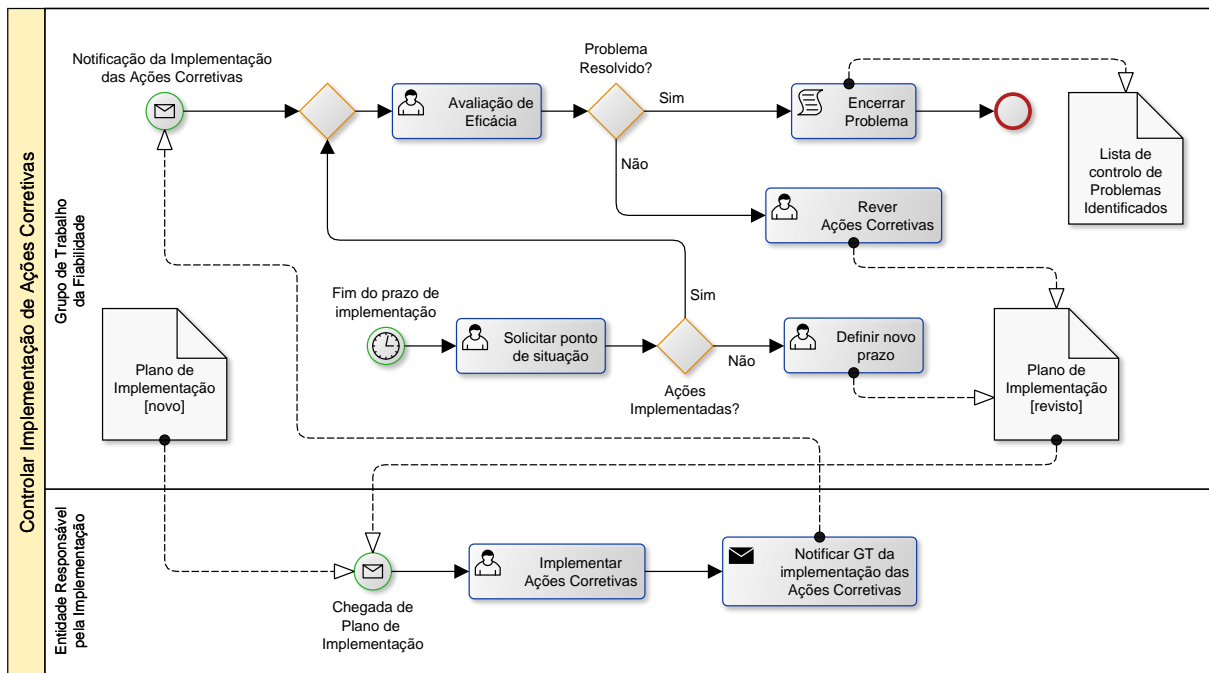


Figura 3.4: Diagrama BPMN (*Business Process Model and Notation*) do processo de Controlo da Implementação de Ações Corretivas

3.10.2 Revisão dos Níveis de Alerta

Após a análise do Relatório de Fiabilidade, ou pelo menos anualmente, deverá ser verificada a necessidade de rever os níveis de alerta. Estes deverão ser diminuídos quando existirem casos de problemas conhecidos que não estão a despoletar alertas, e elevados quando se detetarem um constante número de "falsos alarmes" num determinado item. Para além destas situações, os níveis também deverão ser revistos quando um item for sujeito a uma ação que possa alterar a sua fiabilidade, como uma modificação, uma alteração na sua manutenção ou uma alteração nos procedimentos de operação.

Este ajustamento poderá ser feito estabelecendo valores fixos (a partir da experiência de operação com equipamentos semelhantes ou a partir de dados do fabricante ou de outros operadores reconhecidos), ou ajustando o fator multiplicativo do desvio-padrão (σ).

3.10.3 Revisão do Programa

Por fim, é importante fazer periodicamente uma revisão do Programa de Fiabilidade em geral. Esta revisão, que deverá ser pelo menos anual, tem como objetivo refletir sobre a adequabilidade do programa à utilização e sustentação do Sistema de Armas. Durante a fase inicial de implementação do programa este prazo pode ser reduzido, para permitir um acompanhamento mais próximo da sua evolução.

A revisão poderá incidir, mas não se limitar, nas seguintes áreas:

- Alteração dos objetivos do Programa;
- Retirada ou incorporação de itens abrangidos pelo PFA;
- Adequabilidade dos dados registados;
- Adequabilidade dos indicadores e métricas utilizados;
- Alteração da estrutura do Relatório de Fiabilidade;
- Necessidade de formação do pessoal;
- Revisão dos níveis de alerta.

A revisão do programa deverá ser feita no seio do Grupo de Trabalho e sujeita a aprovação superior. Esta materializa-se através da revisão do documento que oficializa o programa de fiabilidade específico de um SA (PMA), o qual deverá conter um histórico das revisões efetuadas e da motivação que levou a cada uma.

Capítulo 4

Alterações Propostas

No capítulo anterior foram desenvolvidos os requisitos necessários para o desenvolvimento de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA), e as linhas orientadoras para o seu funcionamento. Nele abordaram-se novas necessidades, processos e responsabilidades, que irão requerer alterações de diversos graus na organização.

Neste capítulo irão ser apresentadas algumas propostas para essas alterações, as quais são necessárias para a implementação do PFA na Força Aérea Portuguesa. Para além disso, propõe-se também um plano de implementação, através da utilização de uma frota piloto como teste, antes do programa ser alargado ao resto da FA.

4.1 Documentação e Regulamentação Interna

Está a decorrer na Força Aérea uma reestruturação e revisão de parte da estrutura regulamentar, no que diz respeito à manutenção dos Sistemas de Armas, sob a alçada do novo Sistema de Gestão da Qualidade e Aeronavegabilidade (SGQA). Como entidade agregadora de toda a regulamentação associada à manutenção e sustentação de aeronaves, o SGQA possui vários regulamentos e outra documentação sob a sua alçada, de diversos níveis de importância. Estes encontram-se esquematizados na figura 4.1. Focando no âmbito desta tese, salientam-se os seguintes: o Regulamento do SGQA (RFA 400-1); as Normas da Qualidade e Aeronavegabilidade (NQA's); os Regulamentos e Manuais da FA; e a Documentação Técnica.

O primeiro é o manual genérico que regula o SGQA ao nível mais elevado, definindo a organização, política e objetivos do Sistema, enquadrando a estrutura na Força Aérea. Os restantes conjuntos de documentos serão seguidamente abordados em maior detalhe.

4.1.1 Normas da Qualidade e Aeronavegabilidade (NQA's)

As NQA's são o resultado da reestruturação do SGQA, tendo substituído os Procedimentos da Qualidade na Manutenção (PQM's). De uma forma sucinta, estes documentos

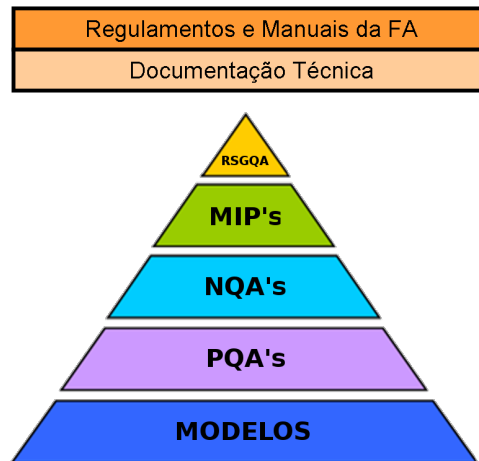


Figura 4.1: Estrutura da documentação associadas ao SGQA

contêm os requisitos de qualidade que todas as entidades e intervenientes, que estejam associados aos processos de manutenção e sustentação de aeronaves, têm de cumprir. Neste momento, a principal diferença entre os dois não se prende ao nível dos requisitos exigidos, mas sim da abordagem adotada, sendo que as NQA's se encontram construídos numa ótica de processos. Futuramente, pretende-se que esta reestruturação permita uma evolução do sistema mais simples, robusta e flexível.

Uma vez que a implementação do PFA implicará a instituição de um processo de gestão da fiabilidade, que presentemente não existe, irá ser necessário criar uma NQA que o regule. Esta norma irá consistir essencialmente numa oficialização dos processos já apresentados nas secções 3.9.2 e 3.10.1.

4.1.2 Regulamentos e Manuais da FA

Este conjunto de manuais é bastante abrangente, englobando algumas referências já mencionadas neste trabalho como o Dicionário de Dados dos Sistemas de Informação da Área Logística (MCLAFA 400-1) ou o Manual do Sistema de Recolha e Processamento de Dados de Manutenção (MFA 401-3(D)). Contudo, aquele que, apesar de ainda não existir, mais relevância terá para este trabalho será o Manual de Fiabilidade de Aeronaves da Força Aérea.

Este manual, que servirá de referência e de apoio ao SGQA para questões do foro fiabilístico, irá conter essencialmente o conteúdo desta tese. Terá como objetivos apresentar os requisitos gerais para a gestão da fiabilidade na Força Aérea e servir como um guia para a definição do Programa de Fiabilidade específico de cada SA.

4.1.3 Documentação Técnica

A Documentação Técnica é um conjunto que engloba todo o tipo de instruções e diretivas de cariz mais específico e técnico, como manuais de manutenção, ordens técnicas, etc.

No entanto, é importante destacar os Programas de Manutenção de Aeronaves (PMA).

Atualmente, os programas de manutenção das diversas frotas apenas estão descritos nos manuais dos fabricantes. De modo a formalizá-los de uma forma uniformizada e transversal, está a ser elaborado um conjunto de manuais, um por Sistema de Armas, denominados de PMA's (Programas de Manutenção da Aeronave). Não se pretende que estes sejam uma transcrição integral dos manuais de manutenção dos fabricantes, mas antes um ponto central de referência para todo o conceito de manutenção de cada SA. Estes PMA's seguem um modelo aprovado do SGQA, sendo que a sua gestão irá ser regulada por uma NQA que também está a ser desenvolvida.

O capítulo 11 do modelo do PMA é dedicado ao Programa de Fiabilidade do SA. Este terá de ser desenvolvido de acordo com as diretivas do Manual de Fiabilidade de Aeronaves da Força Aérea, ajustando depois às necessidades de cada Sistema de Armas. Essas especificidades, que estarão definidas no PMA, incluem o seguinte:

- Fontes de dados específicos ao Sistema de Armas;
- Métricas e/ou Indicadores de Fiabilidade que pretendam utilizar, para além dos referidos na secção 3.7;
- Constituição do Grupo de Trabalho;
- Periodicidade de emissão do Relatório de Fiabilidade e da reunião do Grupo de Trabalho;
- Lista de componentes abrangidos pelo Programa de Fiabilidade do Fabricante, se aplicável;
- Lista de componentes específicos que se pretendam incluir nos Relatórios de Fiabilidade, para além dos já definidos na secção 3.4;
- Definição de níveis de alerta, se esta for diferente do método sugerido na secção 3.8.2;
- Periodicidade da revisão do Programa de Fiabilidade.

Aquando da revisão do PFA, se houver necessidade de proceder a uma alteração que seja específica a um Sistema de Armas, apenas o PMA correspondente será sujeito a alteração. Caso a alteração tenha aplicabilidade transversal, o Manual de Fiabilidade será objeto de revisão, a qual propagar-se-á pelos diversos PMA's existentes na Força Aérea.

4.2 Organização

Como já foi abordado na secção 3.9, o Grupo de Trabalho que irá proceder à análise dos dados fiabilísticos não se trata de uma equipa dedicada a esta função, mas sim um conjunto de representantes das várias áreas pertinentes, que se irá reunir periodicamente para este fim. Como tal, não existe necessidade de efetuar alterações à estrutura organizativa que se encontra atualmente implementada.

Contudo, é de todo pertinente que haja algumas alterações em termos das funções atribuídas a essas entidades e, mais importante, à formação que lhes é ministrada. Não se espera, contudo, que todas as entidades em causa possuam iguais conhecimentos de Fiabilidade, mas apenas aqueles que sejam necessários ao desempenho das suas tarefas. Num lado do espectro teremos especialistas, capazes de realizar estudos fiabilísticos detalhados quando tal seja necessário. Do outro lado teremos elementos que apenas necessitam de conhecer os princípios básicos da fiabilidade e de como esta influencia e é importante para a manutenção dos Sistemas de Armas. Assim, propõe-se um investimento de formação de fiabilidade de diferentes níveis, da seguinte forma:

- **NFAC:** Propõe-se que este núcleo possua pelo menos um elemento que se especialize na área da Fiabilidade. Este elemento deverá ser quem, na Força Aérea, disponha do maior nível de conhecimentos nesta área. Como tal, este(s) indivíduo(s) deverá(ão) frequentar cursos de formação em manutenção centrada na fiabilidade, que lhe proporcionem as ferramentas necessárias para conhecer os aspetos mais detalhados da fiabilidade de equipamentos, métodos de previsão de falha, análise de fiabilidade estatística, utilização de dados de fiabilidade para ajuste de programas de manutenção, etc.
- **GSA:** Os Gestores de Sistema de Armas são os principais responsáveis técnicos pelas aeronaves que gerem. Como tal, também deverão possuir conhecimentos sólidos de fiabilidade, se bem que não tão aprofundados como o especialista do NFAC. Para além disso, deverão focar-se nas especificidades do seu SA. Assim, na equipa gestora, o(s) elemento(s) que ficar(em) mais ligados a esta área deverão receber formação de conceitos básicos de fiabilidade, da utilização de dados fiabilísticos para o desenvolvimento e ajuste de programas de manutenção (MSG-3). Para além disso, se possível e quando aplicável, deverão frequentar cursos sobre os sistemas e fiabilidade do seu Sistema de Armas, normalmente ministrados pelo fabricante do mesmo.
- **Manutenção:** Uma vez que a intervenção da Manutenção na análise fiabilística prende-se com a contribuição da sensibilidade e *know-how* no terreno, e os mecânicos já recebem formação nos sistemas da aeronave como parte da sua qualificação, a formação na área da fiabilidade não é essencial. Contudo, sempre que tal seja

oportuno, é útil a realização de uma sensibilização para esta temática, focando-se principalmente na importância do correto preenchimento dos registos de manutenção e na influência que estes têm em análises fiabilísticas futuras e nas decisões que daí poderão resultar. Sendo essencial que a Manutenção perceba de que forma pode contribuir para um melhor processo de análise e decisão, é muito importante que seja dado feedback dos estudos e ações decorrentes do PFA.

4.3 Implementação

Como já se teve oportunidade de perceber, o Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA) é algo que irá ter influência num grande número de áreas da Força Aérea. De uma forma ou de outra, quase todas as entidades relacionadas com a manutenção e sustentação dos Sistemas de Armas irão estar abrangidos a algum nível por este programa. Como tal, a sua implementação não é trivial e não pode ser feita de forma repentina e imediata.

Algumas das dificuldades espectáveis são as seguintes:

- A necessidade de (re)educação dos mecânicos relativamente ao bom registo das ações de manutenção, uma vez que, em alguns locais, estão instituídos maus hábitos de registo, os quais são difíceis de alterar;
- A falta de sensibilização de toda a cadeia de comando para a importância dos registos de manutenção, e da mais valia que as análises fiabilísticas podem trazer. Existe atualmente uma cultura que assenta no aprontamento e operação dos meios a todo o custo, mesmo que tal ponha em causa o cumprimento dos requisitos previstos pelo SGQA;
- A reduzida disponibilidade de recursos humanos para a elaboração inicial dos PMA's e de outra documentação importante;
- A escassez de recursos humanos para atribuir as funções de análise de produção, as quais são essenciais para o processo de análise fiabilística;
- A falta de sensibilidade por parte das chefias em investir na formação do pessoal, nomeadamente na área da fiabilidade.

Para a implementação do PFA propõem-se quatro etapas: Elaboração do Manual de Fiabilidade de Aeronaves, Implementação numa frota "piloto", formação inicial de pessoal e Implementação Geral.

4.3.1 Elaboração do Manual de Fiabilidade de Aeronaves

O primeiro passo para a implementação do PFA é a elaboração do Manual de Fiabilidade de Aeronaves da Força Aérea. Este manual irá consistir essencialmente na transcrição

dos requisitos apresentados nesta tese para um formato de regulamento. Está previsto que a execução desta tarefa vá ficar a cargo de um oficial técnico, como trabalho de estágio.

4.3.2 Frota Piloto

Por forma a testar a eficácia e adequabilidade é importante efetuar a implementação inicial numa frota "piloto" que sirva de protótipo do programa. A seleção desta frota é importante, uma vez que deverá ser aquela que tenha potencialmente as melhores condições para o sucesso do mesmo. Desta forma, quaisquer falhas ou insuficiências detetadas podem ser atribuídas ao programa e não às condições do Sistema de Armas testado. No que diz respeito à fiabilidade estatística, um dos fatores mais importantes é a quantidade e qualidade dos dados de manutenção. Historicamente, esta é uma área em que a Força Aérea necessita de evoluir significativamente, principalmente no aspeto da qualidade.

Desta forma, os principais candidatos iniciais para a frota "piloto" foram o C-295M, o EH-101, o Epsilon e o F-16. Em primeiro lugar, todos possuem frotas de uma dimensão considerável (12, 12, 16 e 30 aeronaves, respetivamente). Este fator é importante para garantir uma boa quantidade de dados. Contudo, o C-295M é uma frota recente, que opera há relativamente pouco tempo, o que limita o seu historial. Por outro lado, o EH-101 é um SA que utiliza um sistema de registo proprietário e que não possui, para já, comunicação com o SIAGFA, pelo que não seria possível implementar a geração automática do relatório de fiabilidade. Por fim, tendo uma escolha entre o Epsilon e o F-16, propõe-se a escolha do último, uma vez que se tem verificado que esta frota possui um maior número e qualidade dos dados registados, para além de que a Esquadra à qual está atribuído já possui uma boa estrutura de análise de produção implementada, ou seja, já dispõe de pessoal que trabalha nesta área, ainda que a um nível mais básico, facilitando o início do processo.

Desta forma, será necessário trabalhar em conjunto com a GSA do F-16 no desenvolvimento e implementação do programa de fiabilidade específico para este Sistema de Armas, envolvendo também a equipa de desenvolvimento do novo SIAGFA-MGM para implementação dos novos requisitos, apenas para o F-16. O período de teste deverá durar pelo menos 1 ano e no seu decorrer as análises de fiabilidade e as ações corretivas propostas, bem como a avaliação da sua eficácia deverão ser registadas, de modo a que no final sejam compiladas na forma de procedimentos, comentários e lições aprendidas, para que possam ser incorporadas no Manual de Fiabilidade de Aeronaves e aplicadas posteriormente aos restantes Sistemas de Armas.

4.3.3 Formação Inicial

Antes de o PFA passar à fase de "produção", isto é, implementado em toda a Força Aérea, é necessário dar formação a todo o pessoal nele envolvido. Esta formação terá de passar pelo seguinte:

- Formação em SIAGFA-MGM no que diz respeito às alterações introduzidas ao nível do registo de ações de manutenção;
- Sensibilização de todos os intervenientes no programa para o mesmo, apresentando as suas novas responsabilidades, manuais de referência e sua importância para a melhoria da sustentação e prontidão das aeronaves;
- Frequência de cursos de fiabilidade para os elementos do NFAC, das diversas GSA's e das Secções de Análise de Produção, conforme já discutido na secção 4.2

4.3.4 Implementação Geral

Depois de o pessoal ter recebido a formação necessária, será necessário desenvolver os capítulos da fiabilidade dos diversos PMA's. Esta tarefa deverá ser realizada ou, pelo menos, supervisionada por cada GSA, sendo que os PMA's terão de ser sujeitos a aprovação por parte da Autoridade Aeronáutica Militar (presentemente o Núcleo de Certificação de Aeronavegabilidade (NCA) da DEP). Quando estes e toda a restante regulamentação de suporte estiverem em vigor, estarão reunidas as condições para a implementação transversal do PFA.

Capítulo 5

Conclusão e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento e implementação de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves (PFA) na Força Aérea Portuguesa é um projeto que, apesar da intenção de ter sido iniciado há mais tempo, não dispunha dos recursos humanos e organizacionais necessários para que se concretizasse. Contudo, decorre atualmente uma convergência de diversos fatores que fazem com que seja este o momento oportuno para o levar a cabo. Estes fatores incluem o início dos trabalhos de criação de legislação associada à Autoridade Aeronáutica Militar, que poderá obrigar à existência do PFA, a reestruturação do Sistema de Gestão da Qualidade e Aeronavegabilidade, que irá redefinir algumas das responsabilidades no seio da FA, o desenvolvimento de um novo sistema de registo e gestão da manutenção (SIAGFA-MGM), que permitirá a implementação de uma série de novos requisitos que até agora não eram possíveis de implementar, e a vontade e disponibilidade que o mestrando possui para desenvolver um trabalho na área da fiabilidade, apesar de desempenhar funções noutra área da organização.

Uma das dificuldades que se prenderam com o desenvolvimento deste trabalho foi a abrangência organizacional que um programa desta natureza tem. Para além disso, foi dando um grande ênfase na sua exequibilidade, uma vez que de nada serve a criação de um programa cuja implementação não seja possível e/ou que não traga mais valia para a organização.

Desta forma, foi desenvolvida uma proposta de Programa de Fiabilidade de Aeronaves, tendo-se recorrido aos requisitos da regulamentação civil, dados de outros programas similares, informações recolhidas de várias entidades e intervenientes da Força Aérea e a própria experiência adquirida pelo mestrando através do contacto que tem tido com a manutenção aeronáutica ao longo do seu trabalho.

Relativamente aos objetivos propostos, considera-se que estes foram alcançados. Para além das contribuições já referidas, o programa foi definido na sua totalidade: definiram-se indicadores e métricas que permitirão aferir o estado das diversas frotas e identificar potenciais problemas que estas possam ter; indicou-se a estrutura de entidades associadas ao programa e respetivas responsabilidades; apresentou-se o plano de implementação

proposto que inclui propostas para a criação de nova regulamentação interna, pequenas reestruturações na organização, necessidades de formação e o teste numa frota-piloto.

Constatou-se que a existência de um PFA na Força Aérea traz, de facto, mais valias à operação e sustentação dos Sistemas de Armas, pretendendo-se aplicá-lo a todas as frotas, com exceção do planador ASK-21.

Cada SA tem as suas especificidades, decorrentes dos diferentes fabricantes, conceitos de manutenção, dimensões da frota e regimes de esforço envolvidos. Como tal, este programa definiu uma série de requisitos mínimos ao nível dos itens a incluir no programa, periodicidade de análise e de revisão e fontes de dados. Estes requisitos mínimos deverão depois ser complementados e adaptados à realidade de cada frota.

Não existindo ainda na Força Aérea um historial relevante ao nível de análises e estudos fiabilísticos, este trabalho apresenta ainda algumas *guidelines* que têm como objetivo servir de orientação nestas atividades. Estas linhas orientadoras deverão fazer parte do Manual de Fiabilidade e ser atualizadas e complementadas à medida que se for ganhando massa crítica e experiência nesta área.

Paralelamente ao desenvolvimento do PFA, e tendo em conta o enquadramento e conjectura mencionados, este trabalho contribuiu ativamente também para outros projetos que se encontram a decorrer na FA, nomeadamente:

- Revisão do MCLAF 400-1 – Dicionário de Dados dos Sistemas de Informação da Área Logística;
- Revisão do MFA 401-3(D) – Manual do Sistema de Recolha e Processamento de Dados de Manutenção;
- Definição de regras de registo e elaboração de novos requisitos para a nova plataforma informática de gestão da manutenção (SIAGFA-MGM).

Houve ainda o acompanhamento de dois estágios [2, 21], os quais produziram trabalhos que, cada um na sua área, trouxeram mais valia para o desenvolvimento deste programa.

No que diz respeito a trabalhos futuros, estes passarão principalmente por quatro tarefas:

- Passagem desta tese para um formato de Manual da Força Aérea;
- Implementação na frota-piloto;
- Realização de ajustes e implementação de *lessons-learned* com base na frota de teste;
- Implementação transversal na Força Aérea.

O primeiro e segundo pontos deverão ser cumpridos ainda durante o presente ano, no âmbito de um trabalho de estágio de outro oficial da FA, o qual irá ser acompanhado pelo autor desta tese e pelo NFAC.

Dada a complexidade da operação aeronáutica em geral e do programa de fiabilidade em particular, é de esperar que, no decorrer da fase de testes e mesmo após do PFA ter sido implementado, este vá sofrer alterações de modo a melhor adaptá-lo à realidade da FA e a maximizar a sua eficácia. Contudo, julga-se que o programa aqui definido e proposto constitui um sólido ponto de partida que irá ser bastante benéfico para a organização, disponibilizando as ferramentas para uma exploração eficiente e segura dos Sistemas de Armas.

Bibliografia

- [1] A. Rodrigues, *Implementação de um Programa de Fiabilidade de Aeronaves na Força Aérea*. Força Aérea Portuguesa – Direção de Engenharia e Programas. Relatório DEP nº 01/2013.
- [2] R. M. F. Leal, “Análise de dados para cálculo dos indicadores de fiabilidade,” trabalho final de curso, janeiro 2013.
- [3] M. Davies, *The Standard Handbook for Aeronautical and Astronautical Engineers*. McGraw-Hill, 2003.
- [4] Instituto Português da Qualidade, *NP EN 13306 - Terminologia da Manutenção*, setembro 2007.
- [5] H. A. Kinnison, *Aviation Maintenance Management*. McGraw-Hill, 2004.
- [6] C. Adams, “Understanding MSG-3,” *Aviation Today*, julho 2009. http://www.aviationtoday.com/am/repairstations/Understanding-MSG-3_33062.html.
- [7] Air Transport Association of America, *Airline/Manufacturer Maintenance Program Development Document, MSG-3*, setembro 2003. Revisão 2.
- [8] H. P. Carinhas, *Sebenta da Disciplina de Fiabilidade*. ISEL, maio 2009.
- [9] F. S. Nowlan, H. F. Heap, and U. Airlines, *Reliability-Centered Maintenance*. NTIS, 1978.
- [10] “Página oficial da ICAO,” maio 2014. <http://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>.
- [11] S. Herdem, “JAA vs FAA: An overview of aviation regulation,” *The NewJurist*. <http://www.newjurist.com/overview-of-aviation-regulation.html>.
- [12] European Aviation Safety Agency (EASA), *Continuing Airworthiness Requirements – Part M*, 2010.
- [13] Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC), *Aprovação de Programas de Fiabilidade das Aeronaves*, 1 ed., agosto 2010. CTI 10-03.

-
- [14] Federal Aviation Administration (FAA), *Maintenance Control by Reliability Methods*, março 1978. AC 120-17A.
- [15] Federal Aviation Administration (FAA), *Maintenance Programs for U.S.-Registered Aircraft Operated Under 14 CFR Part 129*, setembro 2009. AC 129-4A.
- [16] Força Aérea Portuguesa, *Regulamento de Manutenção de Aeronaves da Força Aérea (REMAFA)*, abril 1981. RFA 401-1.
- [17] Força Aérea Portuguesa – Comando da Logística, *Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves*. Directiva CLAFPA n.º 01/2006.
- [18] EADS-CASA, *PoAF Operation Feed Back Requirements*, julho 2007. CDRL-FISS-07.
- [19] E. D. de Operações, *Regime de Esforço 2014/15*. Força Aérea Portuguesa. Informação DIVOPS n.º 00749.
- [20] European Aviation Safety Agency (EASA), *Maintenance Organization Approvals – Part 145*, 2012.
- [21] A. M. C. M. Mesquita, “Caracterização do processo de elaboração e encerramento dos relatórios de deficiências ou avarias (RDA),” trabalho final de curso, janeiro 2014.

Apêndice A

Análise MSG-3 de Nível II

Os diagramas apresentados neste apêndice consistem na continuação da análise representada na figura 2.2, sendo que cada figura corresponde ao desenvolvimento de cada um dos cinco ramos possíveis decorrentes da análise de nível I.

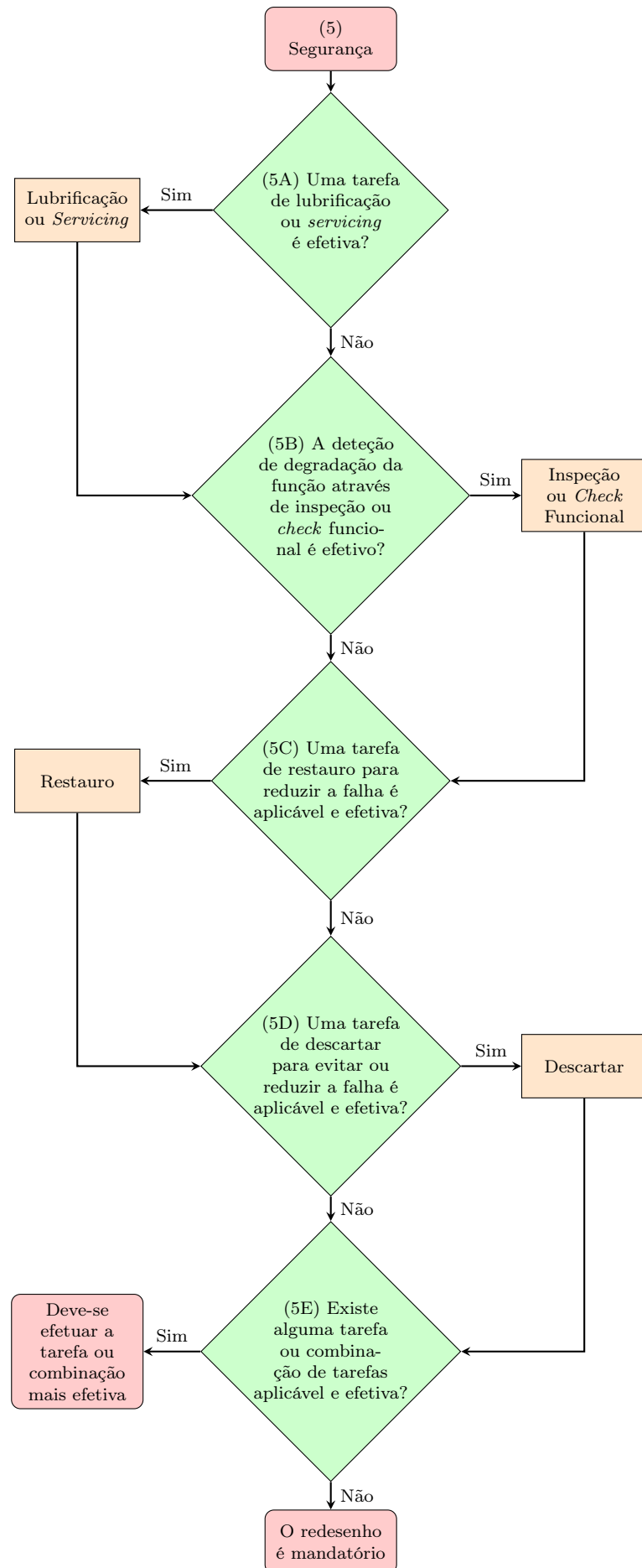


Figura A.1: Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto na Segurança (tarefas necessárias para assegurar operação em segurança – adaptado [7])

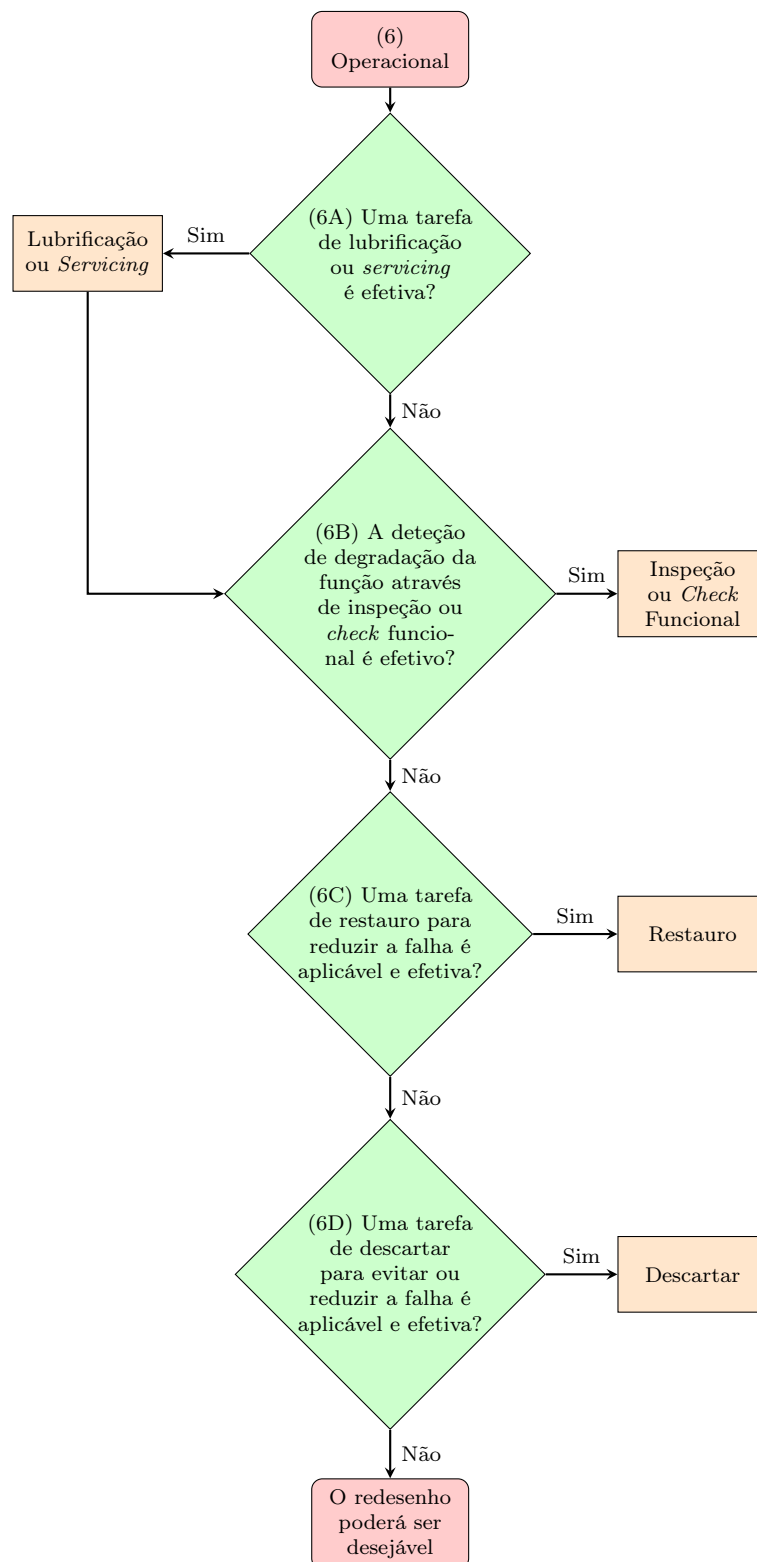


Figura A.2: Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto na Operação (tarefas desejáveis se reduzirem o risco para um nível aceitável – adaptado [7])

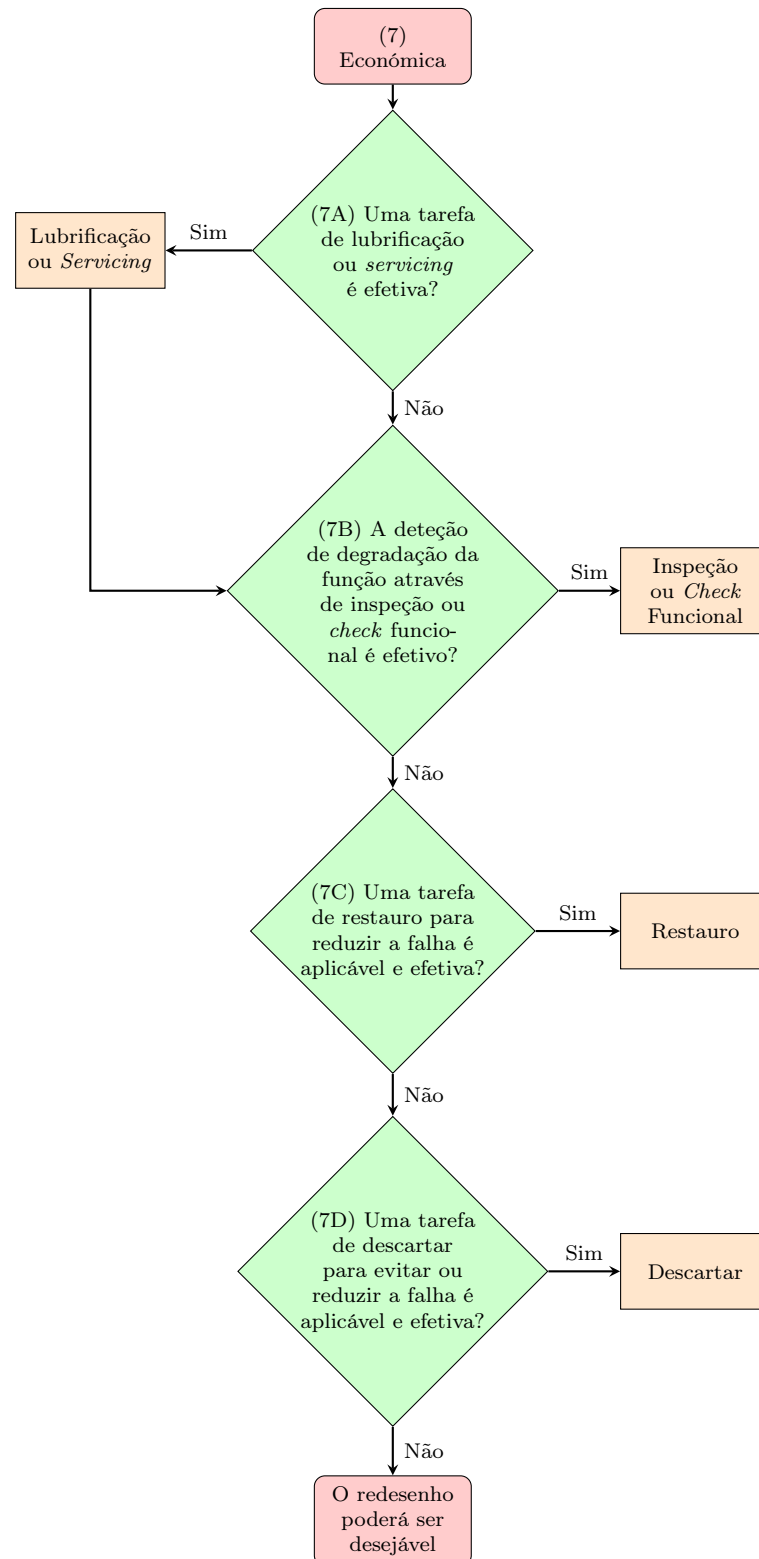


Figura A.3: Análise MSG-3 de nível II para falhas evidentes com impacto Económico (tarefas desejáveis se o custo for inferior ao da reparação – adaptado [7])

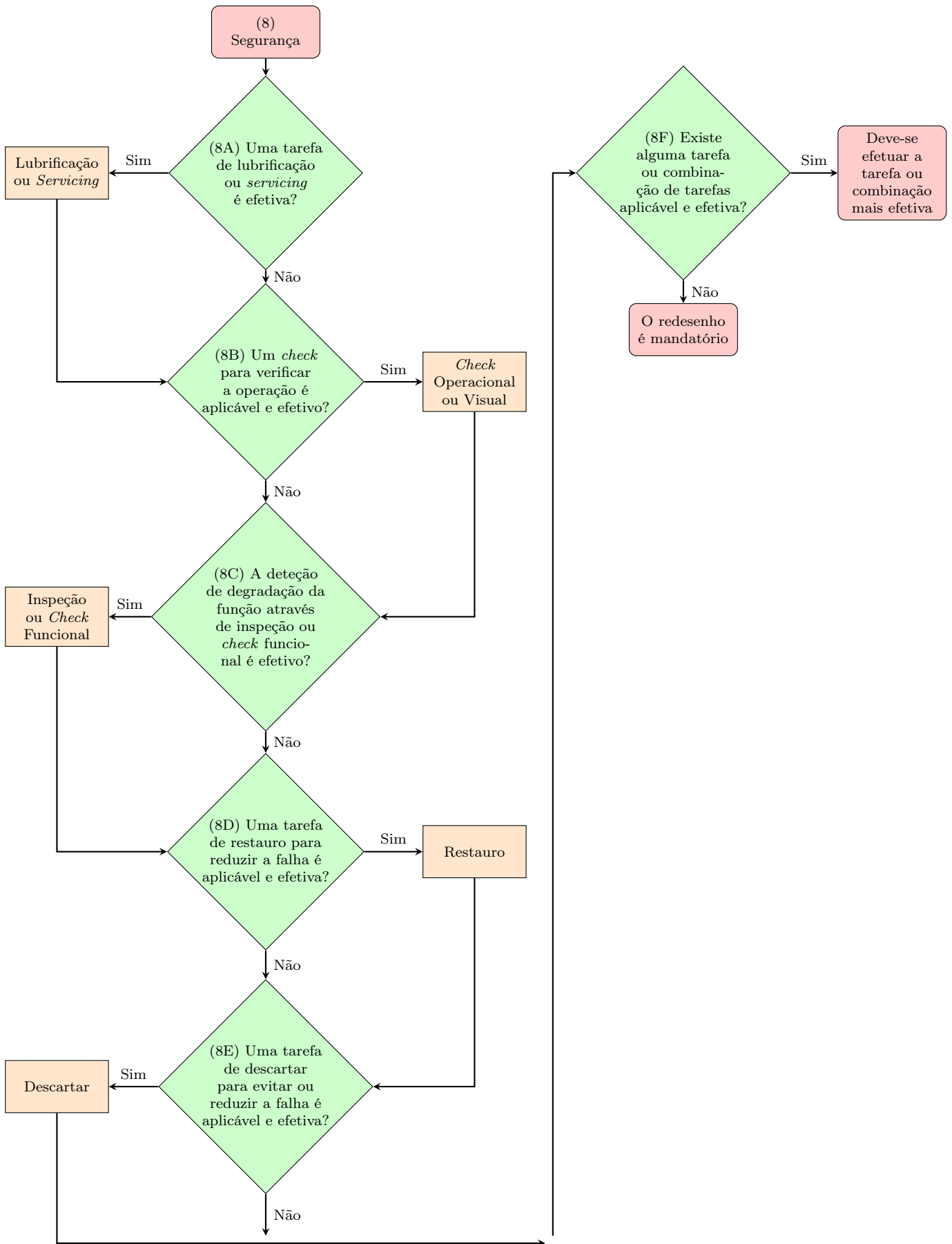


Figura A.4: Análise MSG-3 de nível II para falhas invisíveis com impacto na Segurança (tarefas requeridas para assegurar a disponibilidade necessária para evitar os efeitos de falhas múltiplas – adaptado [7])

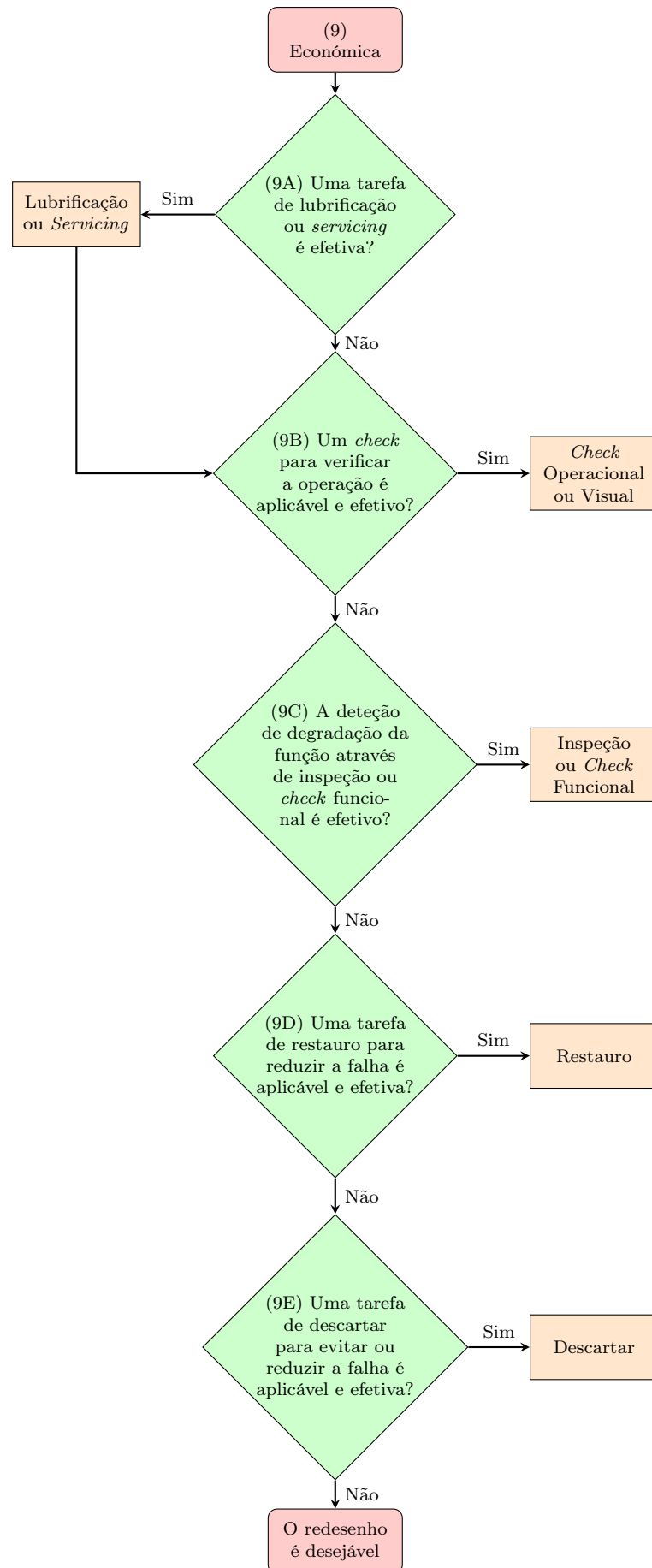


Figura A.5: Análise MSG-3 de nível II para falhas invisíveis com impacto Económico (tarefas desejáveis para assegurar a disponibilidade necessária para evitar efeitos económicos decorrentes de falhas múltiplas – adaptado [7])

Apêndice B

Programa de Fiabilidade do C-295M

O Programa de Fiabilidade do Sistema de Armas C-295M é um serviço que está previsto e contratualizado no contrato de manutenção e assistência técnica celebrado entre a Força Aérea Portuguesa e a EADS-CASA (fabricante da aeronave).

Neste contrato, descrito na *CDRL-FISS-07*, a FA é responsável por preencher e enviar à EADS-CASA, pelo menos trimestralmente, um formulário com dados de manutenção e de operação da frota. Por sua vez, a EADS-CASA é responsável por processar os referidos dados, produzindo semestralmente um relatório de fiabilidade, que é depois enviado à Força Aérea.

Na Força Aérea, é a GSA C-295M que está encarregue de compilar e enviar os seguintes dados:

- N° horas de voo mensais e totais;
- N° de aterragens mensais e totais;
- N° de horas de funcionamento dos motores e hélices, e respetiva posição;
- N° total de aterragens por trem de aterragem;
- N° de dias em situação *unserviceable*;
- N° de defeitos reportados mensalmente;
- N° de componentes removidos mensalmente;
- Lista de Boletins de Serviço implementados no período em causa;
- Lista de Inspeções Programadas realizadas no período em causa, incluindo n° de dias em situação *unserviceable*, n° de horas de manutenção e tipo de inspeção;
- Lista de componentes removidos no período em causa, incluindo nome do componente, P/N, S/N e data de remoção.

O relatório de fiabilidade semestral elaborado pela EADS-CASA terá de conter os seguintes itens:

- Taxas de remoções de componentes durante os 6 meses em causa;
- Historial de operação desde o início da frota;
- Resumo de fiabilidade por capítulo ATA;
- Componentes no *Top 10* de falhas e respetivas recomendações da EADS-CASA.

No caso de a EADS-CASA detetar insuficiência de dados para a análise de um item específico, esta poderá solicitar os dados necessários diretamente à FA.

Apêndice C

Glossário de Fiabilidade

- ***Acidente*** – Ocorrência da qual resultem danos materiais, ambientais e/ou lesões em pessoas, correspondentes às categorias 3, 4 e 5. Excluem-se os danos e lesões causados por ação inimiga.
- ***Advisory Circular (AC)*** – Ordem Técnica de carácter informativo/facultativo.
- ***Aeronavegabilidade*** – Capacidade de uma aeronave ou outro equipamento a bordo ou um sistema operarem em voo e no solo, sem risco significativo para a tripulação, o pessoal de terra, os passageiros (caso aplicável) ou a terceiros.
- ***Aeronaves Acidentadas (AC)*** – Aeronaves que não estão em condições de voo devido a um acidente, estando a aguardar ações administrativas com vista à sua recuperação.
- ***Aeronaves Aguardando Abate (AB)*** – Aeronaves que, apesar de ainda estar à carga da Unidade Aérea, deixaram de ser utilizadas e possuem decisão administrativa de abate ao inventário da Força Aérea.
- ***Aeronaves Aguardando Completamento de Trabalhos de Manutenção (ES)*** – Aeronaves que, apesar de já terem completado os trabalhos de manutenção em hangar, aguardam oportunidade para efetuar voo de experiência, testes funcionais, calibração de equipamentos, peso e centragem, etc., para poder finalizar a intervenção de manutenção.
- ***Aeronaves Aguardando Expedição (AX)*** – Aeronaves com uma situação administrativa de “Aeronaves Não Presentes” que, no entanto, ainda se encontram na Unidade Aérea a aguardar movimentação para o destino.
- ***Aeronaves Aguardando Oportunidade de Manutenção (TP)*** – Aeronaves em manutenção que, por falta de pessoal qualificado da área da manutenção, equipamentos ou instalações, não podem prosseguir com os trabalhos. Esta situação apenas deverá ser utilizada quando a falta é da responsabilidade da Unidade Aérea.

- ***Aeronaves em Manutenção de Entidade Externa (ME)*** – Aeronaves que se encontram em Entidades Externas para trabalhos de regeneração de potencial, cumprimento de Ordens Técnicas, modificação e transformação. Aplica-se a qualquer escalão de manutenção.
- ***Aeronaves em Manutenção Fora da Base (MF)*** – Aeronaves que, por avaria ou por requisito de carácter técnico, estão a ser sujeitas a trabalhos de manutenção fora da Unidade Base mãe (exemplo: manutenção efetuada durante um destacamento).
- ***Aeronaves em Manutenção Inopinada (MI)*** – Aeronaves a realizar trabalhos de manutenção decorrentes da ocorrência ou identificação de uma anomalia, com o objetivo de repôr o estado de funcionamento de um Item de Configuração. Não inclui trabalhos relativos à fase oriunda de uma Inspeção Programada.
- ***Aeronaves em Manutenção Programada (MP)*** – Aeronaves a realizar trabalhos de manutenção na Unidade Base, com intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios definidos pela Gestão do Sistema de Armas. Esta situação utiliza-se sempre que a aeronave é parada de acordo com um planeamento previamente definido.
- ***Aeronaves em Outras Situações (ED)*** – Aeronaves que se encontrem numa situação que não se enquadre em nenhuma das outras situações de espera administrativa (AC, AB, AX ou IB).
- ***Aeronaves Inibidas (IB)*** – Aeronaves que se encontram em preservação, após terem sido sujeitas aos procedimentos de manutenção para esse efeito, conforme definido no seu programa de manutenção.
- ***Aeronaves Fora de Serviço por Falta de Peças (FP)*** – Aeronaves que não se encontram a realizar ações de manutenção, mas que têm um ou mais componentes em falta, que sejam obrigatórios para o aprontamento da aeronave.
- ***Aeronaves Prontas Completas (PC)*** – Aeronaves que possuem, em estado operacional, todos os equipamentos relativos a uma determinada configuração e que, desta forma, asseguram o cumprimento sem limitações da missão ou missões para as quais estão configuradas.
- ***Aeronaves Prontas Incompletas (PI)*** – Aeronaves que, apesar de estarem em condições de voo, tem um ou mais equipamentos em falta, associados à configuração que lhes está atribuída.
- ***Airworthiness Directive (AD)*** – Ver "Diretiva de Aeronavegabilidade".

- **Avaria** – (*Malfunction*) Anomalia atribuída a uma situação de mau funcionamento de determinado sistema ou equipamento. Depois da avaria, um bem pode estar em falha total ou parcial. "Avaria" é um acontecimento "em falha" ou "avariado" é um estado.
- **Anomalia** – (*Discrepancy, Defect, Failure*) Designação atribuída a qualquer defeito ou desvio identificado no componente ou produto aeronáutico, de acordo com a documentação e publicações técnicas autorizadas para o efeito, e que implica a realização de ações de manutenção por forma a restituir o estado utilizável ao componente ou produto aeronáutico em causa.
- **Boletim de Serviço (BS)** – (*Service Bulletin – SB*) Ver "Ordem Técnica".
- **Circular Técnica (CT)** – Documento que dá diretivas sobre procedimentos de manutenção.
- **Componente** – Artigo que é subsidiário de uma aeronave ou conjunto superior. Aplica-se para designar, como regra geral, um conjunto de peças que desempenha uma função dentro de um conjunto superior e que constitui um artigo de abastecimento (por exemplo, um regulador de velocidade ou um emissor-recetor). Emprega-se também para designar peças (por exemplo, elementos de filtro).
- **Componente Com Potencial** – Componente que deve ser removido (para sofrer uma ação de manutenção, se for reparável ou, caso contrário, para deixar serviço) ao fim de um determinado número de unidades de funcionamento (horas, tempo de calendário, aterragens, arranques, etc., conforme aplicável), independentemente da sua condição. Pode ser um artigo de substituição (categoria S) ou de consumo (categoria C).
- **Componente Reparável** – Componente que, se avariado, pode ser repostado em condições de funcionamento por intermédio de uma ação de manutenção.
- **Componente Substituível em Linha** – (*Line Replaceable Unit – LRU*) Componente que pode ser removido e instalado, ao nível da linha da frente.
- **Componente Utilizável** – Designação atribuída aos Itens de Configuração que, depois de terem sido inspecionados e considerados isentos de quaisquer anomalias, podem ser utilizados de novo. A reutilização aeronáutica implica a verificação de outras condições para que se considere como apto para uso, nomeadamente o seu Registo Histórico. Um componente em estado utilizável pode ser novo, reconfigurado, reparado ou usado. Porém, um componente nestas condições pode não estar aprovado como apto para o uso se não existir a confirmação do seu histórico,

nomeadamente, a sua proveniência, o seu tempo de funcionamento ou número de utilizações, a identificação da última entidade que o intervencionou, etc.

- **Configuração** – Características funcionais e físicas interrelacionadas de um produto definido em informações de configuração do produto.
- **Conjunto Superior** – Conjunto de um artigo principal e de outros subsidiários que o completam para desempenho de determinada função (por exemplo motores, APU, cadeiras de ejeção, etc.), possuindo funcionamento próprio. O registo das remoções e/ou instalações dos componentes que sobre ele estão instalados é refletido sobre ele e não sobre a aeronave, independentemente do conjunto superior estar ou não nela instalado.
- **Dano** – (*Damage*) Anomalia tipicamente associada a componentes estruturais, que pode ou não limitar a respectiva utilização.
- **Defeito** – (*Discrepancy, Defect*) Não-conformidade/discrepância verificada em relação aos critérios definidos, sem que no entanto tenham implicado uma anomalia no funcionamento no momento da sua deteção.
- **Diretiva de Aeronavegabilidade** – Tipo específico de Ordem Técnica emitido por uma Autoridade Aeronáutica, num âmbito relacionado com a segurança da aeronave, motor ou outros sistemas, sendo de cumprimento obrigatório.
- **Disponibilidade** – Característica unicamente dos sistemas e pode ser interpretada como percentagem de tempo durante o qual um determinado equipamento esteve efetivamente em boas condições de funcionamento.
- **Falha** – (*Fault, Malfunction*) Estado de um bem inapto para cumprir uma função requerida (ou cumprir com critérios definidos na documentação técnica, quando operado dentro dos limites de operação), excluindo a inaptidão devida à manutenção preventiva ou outras ações programadas, ou devida à falta de recursos externos.
- **Fiabilidade** – A probabilidade de um dado sistema, subsistema ou componente funcionar bem nas condições especificadas de operação, num determinado período de tempo.
- **Incidente** – (*Mishap*) Ocorrência da qual resultem danos materiais e/ou lesões em pessoas de grau correspondente às categorias 1 e 2. Qualquer evento de natureza técnica que se possa considerar afetar significativamente a aeronavegabilidade de uma aeronave. A definição de um incidente técnico compreende os seguintes pontos, entre outros:

- Mau funcionamento de um sistema ou componente, que conduza a um cancelamento de uma descolagem ou voo;
 - Mau funcionamento de um sistema ou componente, que conduza a um procedimento de emergência ou operacional;
 - Falha de trem de aterragem na extensão, retração ou movimentos descontrolados dos trens e portas;
 - Perda do sistema de travagem do trem de aterragem;
 - Estouro de um pneu;
 - Perda de um ou mais geradores de energia elétrica ou sistemas de energia hidráulica;
 - Desgaste, vibração e instabilidade (buffeting) provocados pelo handling;
 - Falha de mais de um instrumento de atitude, velocidade ou altitude;
 - Corte ou incêndio de um motor em voo;
 - Falha, dano ou corrosão significativa da estrutura primária;
 - Dano estrutural causado por falha do motor ou APU no chão ou em voo;
 - Falsos ou verdadeiros avisos de incêndio, fumo ou vapores tóxicos.
- **Indicador** – Característica, ou conjunto de características, de um fenómeno, medida de acordo com uma fórmula específica que permite avaliar a sua evolução. Os indicadores estão relacionados com objetivos.
 - **Item de Configuração (IC)** – Designação genérica para cada um dos ramos de uma árvore de configuração em que se decompõe uma aeronave, um conjunto superior ou um sistema.
 - **Item de Configuração com Registo** – IC que foi objeto de decisão administrativa para ser controlado por parte do gestor do Sistema de Armas e que permite a associação de *Part-Numbers*.
 - **Lista de Equipamentos Mínimos** – (*Minimum Equipment List – MEL*) Uma lista de equipamentos que a tripulação pode aceitar como inoperativos ou em falta durante curtos períodos de tempo, podendo a operação ser condicionada ou não.
 - **Manutenção Condicional** – (*On-Condition – OC*) Processo de manutenção preventiva primária que requer que um sistema, componente ou equipamento seja inspecionado ou verificado periodicamente com recurso a padrões físicos adequados, de modo a determinar se pode ou não continuar em serviço. A norma assegura que o item é removido de serviço antes da falha ocorrer durante a operação normal.

- **Manutenção Sistemática** – (*Hard-Time – HT*) Processo de manutenção preventiva primária que requer que um sistema, componente ou equipamento tenha que ser sujeito a uma ação de manutenção ou retirado de serviço (limite de vida) após um intervalo de tempo ou número de eventos pré-definido, independentemente do seu estado.
- **Monitorização da Condição** – (*Condition-monitoring – CM*) Processo de manutenção para itens que não têm como processos primários de manutenção o Hard-Time ou On-Condition, sendo os componentes operados até à falha. É realizada através de meios disponíveis ao operador para detetar e resolver situações problemáticas, podendo incluir análises de tendência, BITE (*Built-In Test Equipment*) ou análise espectral.
- **Ocorrência** – (*Mishap*) Situação resultante de atos, omissões, condições ou circunstâncias, que representa um risco elevado e da qual poderão resultar lesões ou danos materiais. O nível de severidade dos danos ou lesões caracteriza a ocorrência como incidente ou acidente.
- **Ordem Técnica (OT)** – Documento técnico que fornece instruções para a modificação de sistemas/componentes ou para a realização de inspeções ou ações de manutenção pontuais. Podem também abordar inspeções periódicas. Contudo, neste último caso, as instruções contidas na OT acabam tipicamente por ser incorporadas no conceito de manutenção da aeronave através de uma alteração ao Manual de Manutenção e do posterior cancelamento da OT. A obrigatoriedade e prazo de cumprimento das OT's podem variar consoante a sua categoria.
- **Paragem de Motor em Voo** – (*In-Flight Shutdown – IFSD*) Situações em que o motor cessa a sua função em voo e é desligado, intencionalmente ou não (por exemplo: extinção (*flameout*), falha interna, paragem por parte da tripulação, ingestão de objeto estranho, gelo e/ou incapacidade de obter o impulso desejado). Nesta definição não se incluem as paragens intencionais por motivos de treino ou de ensaios em voo.
- **Programa de Permuta** – (*Exchange Program*) Situação em que um artigo controlado por número de série é enviado para reparação, sendo rececionado um artigo que terá um número de série diferente.
- **Prorrogação de Potencial** – Extensão de um dado potencial de forma temporária para um determinado componente ou lote de componentes, através da aplicação de uma tolerância. Finda a prorrogação, é retomado o programa de manutenção aprovado.

- **Publicação Técnica (PT)** – (*Technical Order – TO*) Documento ou Manual de cariz técnico, elaborado por um fabricante ou operador, com a finalidade de dar instruções sobre a instalação, remoção, manutenção, funcionamento ou operação de um determinado componente ou sistema.
- **Redundância** – Existência, num bem e num dado instante, de mais do que um meio para cumprir uma função requerida.
- **Remoção Administrativa** – Remoção de um item que não esteja em estado de falha, por ordem superior, conveniência de manutenção, modificação ou modernização.
- **Remoção Prematura** – Remoção de um item resultante da identificação ou suspeita de anomalia, antes de ser atingido o seu Tempo Limite de Potencial (TLP). Excluem-se as remoções decorrentes de modificação, modernização, conveniência de manutenção (empréstimo de unidades, canibalizações, acessibilidades), alteração de configuração, pesquisa de avaria ou erros da tripulação.
- **Risco** – (*Hazard, Risk*) Uma situação ou circunstância indesejável que tem a probabilidade de ocorrer, resultando daí ferimentos, doenças ou morte de pessoas; danos ou perdas de sistemas, equipamentos ou propriedade, danos ambientais.
- **Sistema** – Agrupamento lógico de alto nível (1º e 2º nível do código ATA 100) que incorpora diversos componentes, realizando uma ou mais funções.
- **Tempo de Imobilização** – Período, medido em dias, em que uma aeronave em situação operacional de disponível se encontra nas situações de MP, MI, TP, MF e ES.
- **Tempo Limite de Potencial (TLP)** – Valor acumulado da medida de utilização de uma aeronave, motor, conjunto ou componente que, quando atingido, requer a realização de um determinado tipo de intervenção (inspeção, remoção, ensaio, etc.). Após atingido, é reiniciado um novo período de contagem da medida de utilização.
- **Time Compliance Technical Order (TCTO)** – Ver "Ordem Técnica".

Apêndice D

Situações Operacionais de Aeronaves

As situações operacionais em que as aeronaves encontram-se definidas na NEP/OPS 011 (CA JUL2011). Contudo, uma vez que este documento tem levantado dúvidas relativamente a que casos é que cada situação se aplica, apresenta-se aqui uma proposta de revisão do documento, com explicações mais detalhadas e exemplos concretos.

- **Prontas**

- **PC – Prontas Completas:** Aeronaves que possuem, em estado operacional, todos os equipamentos relativos a uma determinada configuração e que, desta forma, asseguram o cumprimento sem limitações da missão ou missões para as quais estão configuradas.
- **PI – Prontas Incompletas:** Aeronaves que, apesar de estarem em condições de voo, tem um ou mais equipamentos em falta, associados à configuração que lhes está atribuída. (Exemplos: P-3C na configuração de Combate Anti-Submarino que, apesar de possuir todos os equipamentos mínimos para voo, não possui o equipamento de Sonar instalado ou operativo; EH-101 na configuração de Busca e Salvamento que, apesar de possuir todos os equipamentos mínimos para voo, não possui o guincho instalado ou operativo.)

- **Manutenção de Base (MB)**

- **MP – Manutenção Programada:** Aeronaves a realizar trabalhos de manutenção na Unidade Base, com intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios definidos pela Gestão do Sistema de Armas. Esta situação utiliza-se sempre que a aeronave é parada de acordo com um planeamento previamente definido. (Exemplos: Cumprimento de Inspeções Periódicas preconizadas no Manual de Manutenção da aeronave; Cumprimento de Ordens Técnicas; Resolução de anomalias identificadas no decorrer de uma inspeção programada; Resolução de anomalias constantes no 3M, desde que a paragem da aeronave tenha sido planeada.)

- **MI – Manutenção Inopinada:** Aeronaves a realizar trabalhos de manutenção decorrentes da ocorrência ou identificação de uma anomalia, com o objetivo de repôr o estado de funcionamento de um Item de Configuração. Não inclui trabalhos relativos à fase oriunda de uma Inspeção Programada. (Exemplos: Resolução de uma anomalia que impeça o aprontamento de uma aeronave, identificada durante o voo).
- **TP – Aguardando Oportunidade de Manutenção:** Aeronaves em manutenção que, por falta de pessoal qualificado da área da manutenção, equipamentos ou instalações, não podem prosseguir com os trabalhos. Esta situação apenas deverá ser utilizada quando a falta é da responsabilidade da Unidade Aérea.
- **ES – Aguardando Completamento dos trabalhos de Manutenção:** Aeronaves que, apesar de já terem completado os trabalhos de manutenção em hangar, aguardam oportunidade para efetuar voo de experiência, testes funcionais, calibração de equipamentos, peso e centragem, etc., para poder finalizar a intervenção de manutenção.
- **MF – Manutenção Fora da Base:** Aeronaves disponíveis que, por avaria ou por requisito de carácter técnico, estão em trabalhos de manutenção fora da Unidade Base Mãe (Exemplos: Manutenção realizada durante um destacamento; Manutenção realizada durante uma escala, desde que seja pela tripulação da aeronave ou por pessoal da FA que se tenha deslocado ao local.).
- **FP – Fora de Serviço por Falta de Peças:** Aeronaves que tenham falta de um ou mais componentes para o seu aprontamento ou para a continuação de trabalhos de manutenção, desde que essa falta não seja da responsabilidade da Unidade Aérea.
- **Espera Administrativa (ES)**
 - **AC – Acidentadas:** Aeronaves que não estão em condições de voo devido a um acidente, estando a aguardar ações administrativas ou parecer técnico acerca do seu destino ou dos procedimentos a seguir.
 - **AB – Aguardando Abate:** Aeronaves que, apesar de ainda estarem à carga da Unidade Aérea, deixaram de ser utilizadas e possuem decisão administrativa de abate ao inventário da Força Aérea.
 - **IB – Inibidas:** Aeronaves que se encontram em preservação, após terem sido sujeitas aos procedimentos de manutenção para esse efeito, conforme definido no seu programa de manutenção.
 - **AX – Aguardando Expedição:** Aeronaves com uma situação administrativa de “Aeronaves Não Presentes” que, no entanto, ainda se encontram na

Unidade Aérea a aguardar movimentação para o destino. (Exemplo: Aeronave a aguardar autorização para realizar voo ferry para uma Entidade Externa para realização de manutenção)

- **ED – Outras Situações:** Aeronaves que se encontrem numa situação que não se enquadre em nenhuma das outras situações de espera administrativa (AC, AB, AX ou IB).
- **ME – Manutenção de Entidade Externa:** Aeronaves que se encontram a realizar trabalhos de regeneração de potencial, cumprimento de Ordens Técnicas, modificação e transformação, por Entidades Externas contratadas para esse fim. Aplica-se a qualquer escalão de manutenção. Não implica que os trabalhos sejam realizados fora da base. (Exemplos: Realização de inspeção de 3º escalão, pintura de aeronave, modernização total ou parcial da aeronave, reparação especializada para a qual a FA não possua capacidade, tudo isto numa entidade/empresa contratualizada para o fornecimento desse serviço)

Apêndice E

Modelo de Relatório de Fiabilidade

Sistema de Armas XPTO – julho de 2014

(Modelo exemplificativo contendo dados referentes a um Sistema de Armas da Força Aérea, reportados a julho de 2014.)

Fiabilidade do Sistema de Armas

Resumo do Sistema de Armas

N/C	Total de HV	Total de Aterragens
XPTO1	11408:10	1270
XPTO2	10130:05	397
XPTO3	9691:30	414
XPTO4	11576:10	1302
TOTAL	51981:35	3875

Nota: Os valores vermelho correspondem ao *Fleet Leader*.

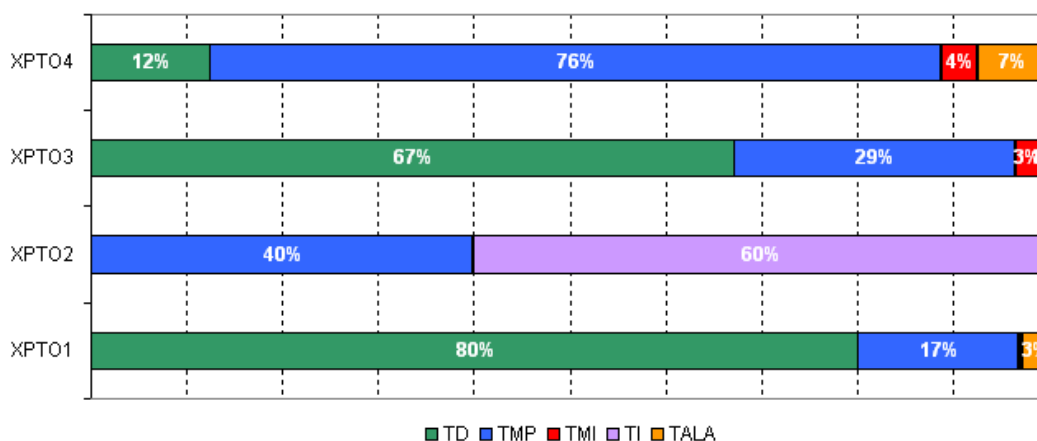
Disponibilidade de Aeronaves (DA)

Os valores da Disponibilidade de Aeronaves são referentes aos últimos 12 meses (junho de 2013 a junho de 2014).

N/C	TD	TMP	TMI	TI	TALA	DA
XPTO1	7563:01	1598:48	29:14	0:00	264:57	80%
XPTO2	0:00	3777:00	0:00	5675:15	3:45	0%
XPTO3	6354:44	2768:48	252:48	0:00	79:40	67%
XPTO4	1176:33	7225:23	351:45	0:00	702:19	12%

- *TD* – Tempo em que aeronave esteve disponível (PC + PI)
- *TMP* – Tempo em manutenção programada (MP + ME)
- *TMI* – Tempo em manutenção inopinada (MI + MF)
- *TI* – Tempo em inibição (IB)
- *TALA* – Tempo de atrasos logísticos ou administrativos (AB + AC + AX + ED + ES + FP + TP)

Disponibilidade de Aeronaves



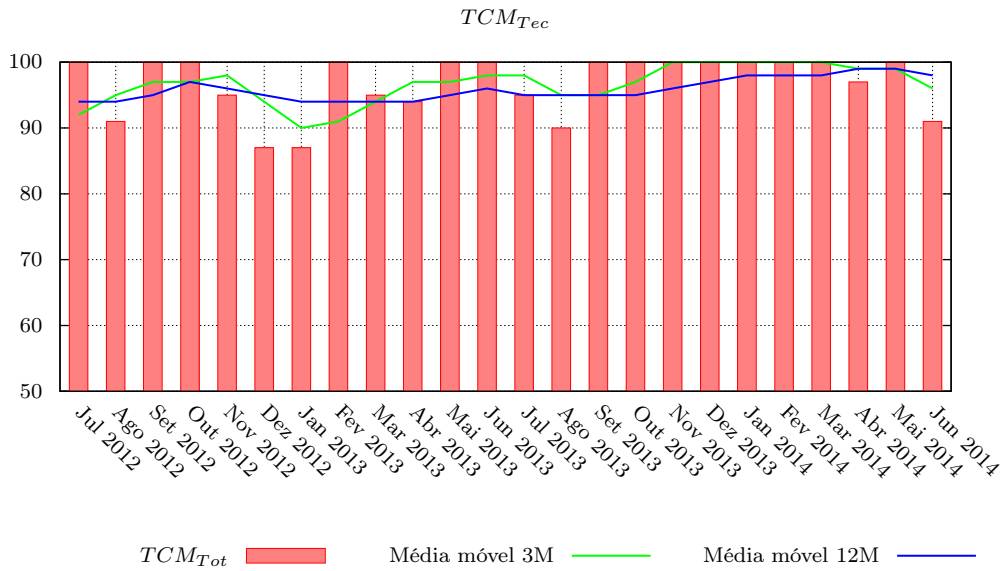
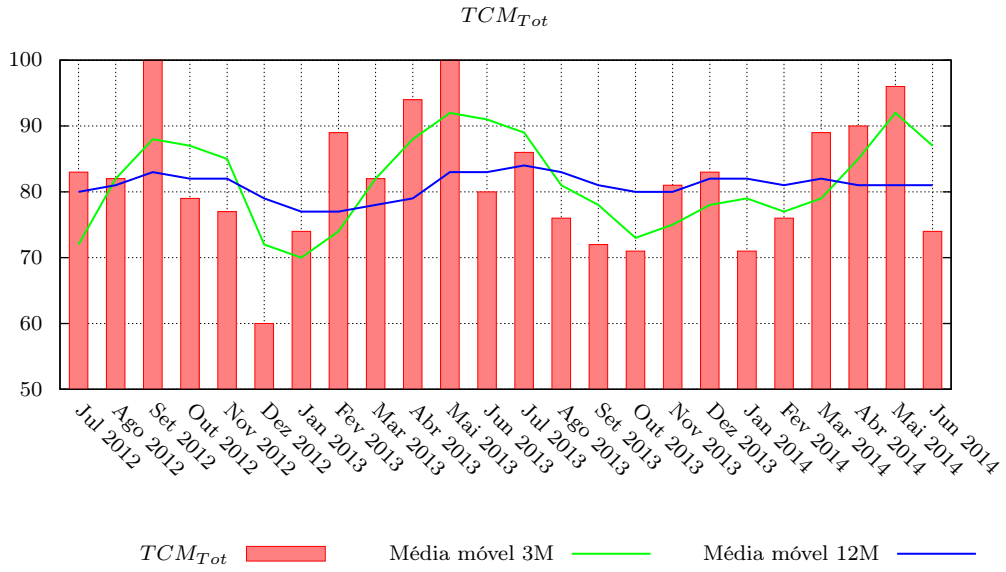
Taxa de Cumprimento de Missão (TCM)

Ano	Mês	MP	MC_{Tot}	MC_{Tec}	TCM_{Tot}	TCM_{Tec}
2012	Jul	23	4	0	83%	100%
2012	Ago	11	2	1	82%	91%
2012	Set	13	0	0	100%	100%
2012	Out	28	6	0	79%	100%
2012	Nov	22	5	1	77%	95%
2012	Dez	15	6	2	60%	87%
2013	Jan	23	6	3	74%	87%
2013	Fev	18	2	0	89%	100%
2013	Mar	22	4	1	82%	95%
2013	Abr	17	1	1	94%	94%
2013	Mai	9	0	0	100%	100%
2013	Jun	25	5	0	80%	100%
2013	Jul	22	3	1	86%	95%
2013	Ago	21	5	2	76%	90%
2013	Set	36	10	0	72%	100%
2013	Out	17	5	0	71%	100%
2013	Nov	27	5	0	81%	100%
2013	Dez	12	2	0	83%	100%
2014	Jan	14	4	0	71%	100%
2014	Fev	17	4	0	76%	100%
2014	Mar	27	3	0	89%	100%
2014	Abr	31	3	1	90%	97%
2014	Mai	24	1	0	96%	100%
2014	Jun	23	6	2	74%	91%

Nota:

MP – n° de missões planeadas

MC_{Tot} – n° total de missões canceladasMC_{Tec} – n° de missões canceladas por motivos técnicos



Fiabilidade de Sistemas

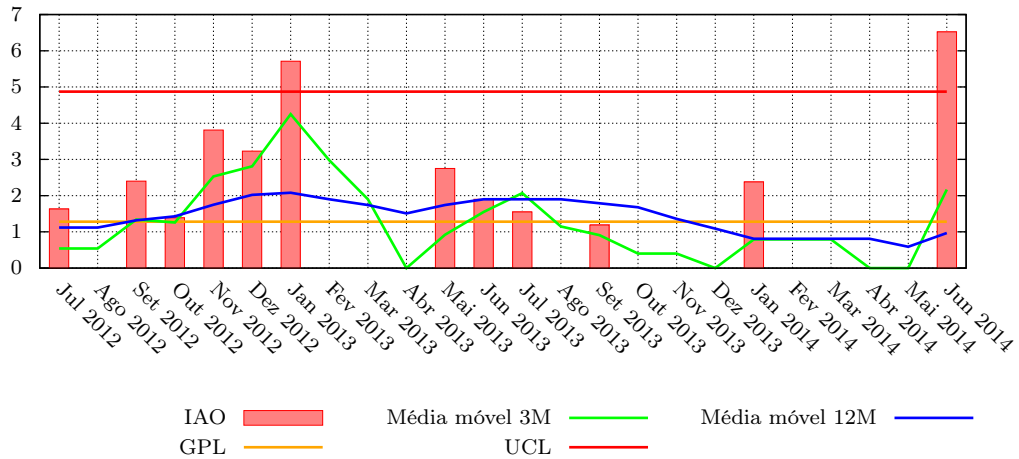
Índice de Anomalias na Operação (IAO)

Nota: O IAO_{3M} e IAO_{12M} correspondem às médias móveis do IAO para 3 e 12 meses, respetivamente.

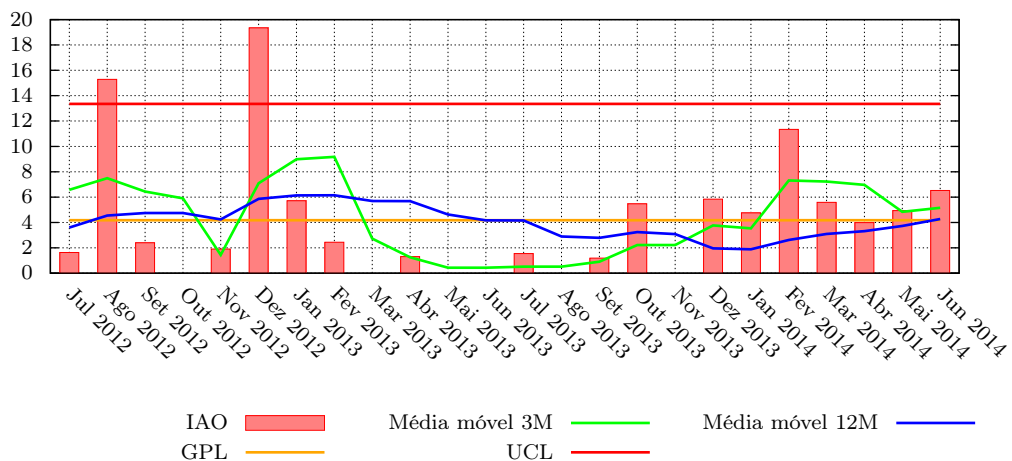
Sistema	IAO Abr 2014	IAO Mai 2014	IAO Jun 2014	IAO _{3M}	IAO _{12M}	GPL	σ	UCL	Alerta
11	2,99	4,93	0,00	2,64	1,83	2,95	3,85	10,65	
12	0,00	0,00	6,52	2,17	0,97	1,28	1,79	4,87	AMARELO
13	3,99	7,40	6,52	5,97	6,24	6,95	5,07	17,08	
14	0,00	1,23	0,00	0,41	0,75	0,86	1,30	3,46	
22	3,99	4,93	6,52	5,15	4,27	4,18	4,58	13,35	AMARELO
24	0,00	1,23	0,00	0,41	0,22	0,36	0,91	2,19	AMARELO
29	3,99	1,23	0,00	1,74	1,74	2,76	3,16	9,08	
32	4,98	0,00	2,17	2,39	1,55	1,50	2,13	5,76	AMARELO
41	3,99	0,00	0,00	1,33	2,52	3,62	3,88	11,38	
42	1,00	11,10	2,17	4,76	4,62	5,42	4,82	15,06	
45	1,00	0,00	0,00	0,33	0,08	0,15	0,53	1,22	AMARELO
46	1,00	1,23	0,00	0,74	0,32	1,66	2,90	7,46	
47	1,00	0,00	4,35	1,78	0,90	0,72	1,91	4,53	AMARELO
49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,74	1,40	3,54	
51	2,99	1,23	0,00	1,41	1,27	1,80	2,14	6,07	
52	0,00	2,47	0,00	0,82	1,12	0,94	1,55	4,03	
56	0,00	7,40	2,17	3,19	1,87	2,45	2,73	7,91	AMARELO
59	1,00	2,47	0,00	1,15	0,42	1,59	2,53	6,64	
61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,49	1,55	3,58	
64	1,99	0,00	0,00	0,66	0,59	1,36	1,52	4,39	
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,74	1,36	3,46	
67	0,00	0,00	2,17	0,72	0,48	0,70	1,59	3,89	AMARELO
68	1,00	0,00	0,00	0,33	0,20	0,91	1,45	3,82	
69	1,00	0,00	0,00	0,33	0,33	1,33	2,27	5,87	
71	1,00	1,23	0,00	0,74	0,19	0,18	0,74	1,65	AMARELO
72	1,00	1,23	2,17	1,47	1,13	1,45	2,33	6,12	AMARELO
73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,33	0,87	2,06	
74	1,00	0,00	0,00	0,33	0,66	0,25	0,65	1,55	AMARELO
76	0,00	2,47	0,00	0,82	0,21	0,14	0,59	1,32	AMARELO
77	1,99	0,00	0,00	0,66	1,04	1,26	1,75	4,76	
78	0,00	0,00	2,17	0,72	0,18	0,27	0,71	1,69	AMARELO
91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,17	0,49	1,15	
96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,37	0,81	

Evolução do IAO para os sistemas que despoletaram alarmes (uma vez que se trata apenas de um modelo exemplificativo, apenas se apresentam os três primeiros sistemas a observar)

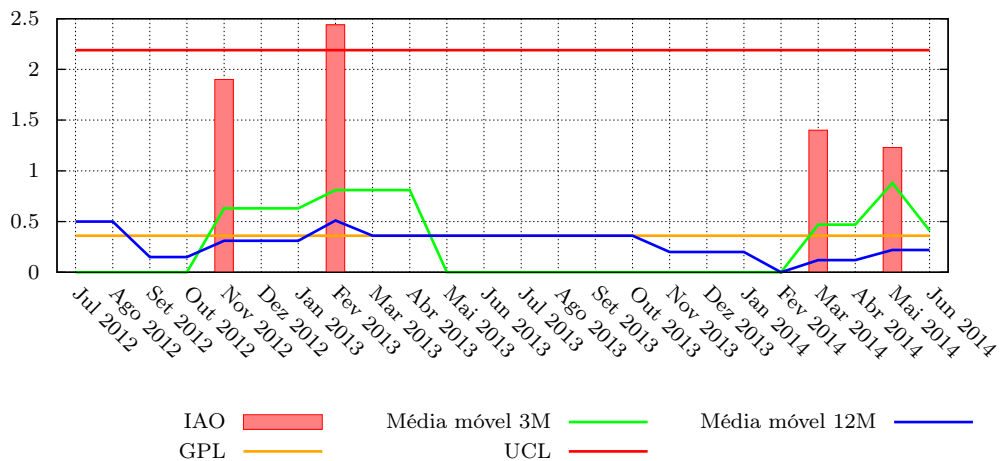
12 – FUSELAGE COMPARTMENTS



22 – TURBOSHAFT ENGINES



24 – AUXILIARY POWER SYSTEMS



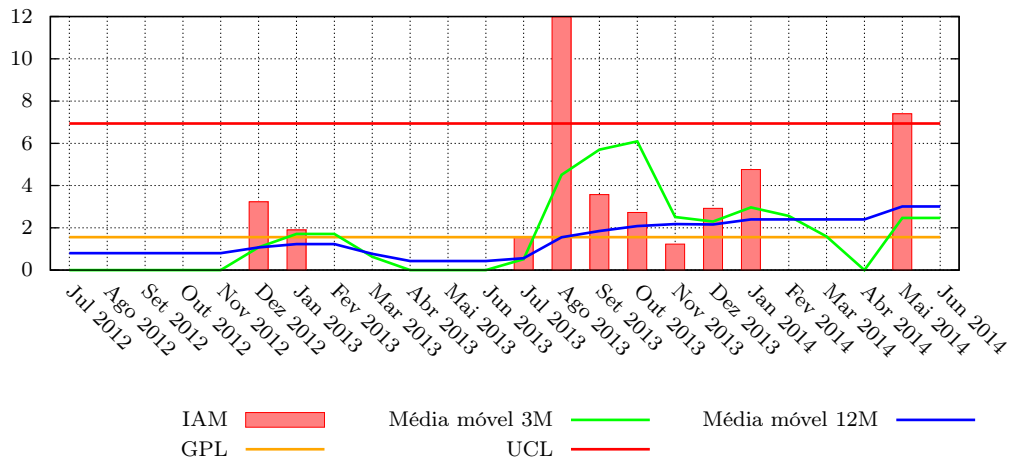
Índice de Anomalias na Manutenção (IAM)

Nota: O IAM_{3M} e IAM_{12M} correspondem às médias móveis do IAM para 3 e 12 meses, respetivamente.

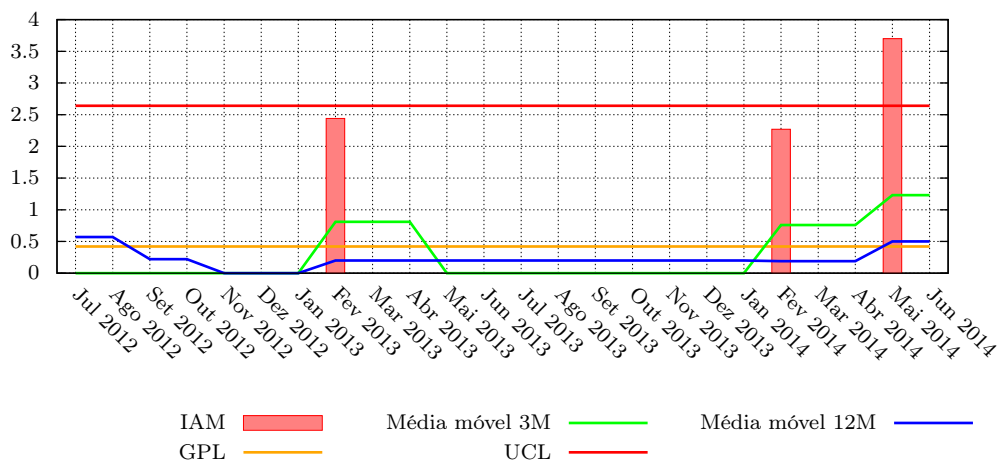
Sistema	IAM 2014-04	IAM 2014-05	IAM 2014-06	IAM_{3M}	IAM_{12M}	GPL	σ	UCL	Alerta
11	0,00	1,23	4,35	1,86	33,99	14,11	59,56	133,23	
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,70	1,64	3,99	
13	1,00	0,00	0,00	0,33	1,16	1,53	2,70	6,94	
14	1,99	0,00	0,00	0,66	1,75	1,02	1,68	4,38	
22	0,00	7,40	0,00	2,47	3,01	1,56	2,69	6,94	AMARELO
24	0,00	3,70	0,00	1,23	0,50	0,42	1,11	2,64	AMARELO
29	1,00	0,00	4,35	1,78	3,19	3,08	3,38	9,83	
32	1,99	0,00	0,00	0,66	2,02	1,33	2,58	6,49	
41	6,98	0,00	2,17	3,05	1,34	1,66	2,38	6,42	AMARELO
42	1,00	0,00	6,52	2,51	1,44	1,03	1,69	4,40	AMARELO
45	1,00	0,00	0,00	0,33	0,08	0,03	0,17	0,36	AMARELO
46	1,99	0,00	0,00	0,66	0,99	1,08	2,06	5,19	
47	1,00	0,00	0,00	0,33	0,40	0,22	0,58	1,38	AMARELO
49	1,00	0,00	0,00	0,33	0,41	0,22	0,58	1,39	AMARELO
51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,51	1,13	2,76	
52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,08	0,49	1,05	
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	1,29	2,83	
59	0,00	1,23	0,00	0,41	0,10	0,73	1,82	4,37	
61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,51	1,14	
64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,53	1,06	2,65	
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,40	0,89	
67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,44	1,61	3,66	
68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,29	1,00	2,28	
69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	1,17	1,82	4,81	
72	0,00	1,23	0,00	0,41	0,22	1,03	2,53	6,10	
73	1,99	0,00	0,00	0,66	0,17	0,14	0,59	1,33	AMARELO
74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,54	1,20	
76	0,00	1,23	0,00	0,41	0,45	0,15	0,72	1,60	AMARELO
77	1,00	0,00	6,52	2,51	1,30	1,21	1,96	5,13	AMARELO
78	1,00	0,00	0,00	0,33	0,21	0,27	0,81	1,89	AMARELO
91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,32	1,03	2,38	

Evolução do IAM para os sistemas que despoletaram alarmes (uma vez que se trata apenas de um modelo exemplificativo, apenas se apresentam os três primeiros sistemas a observar)

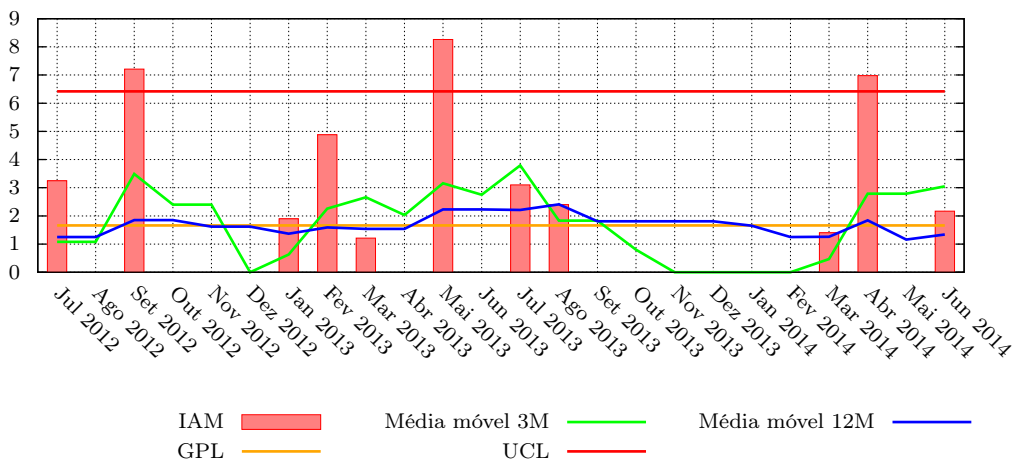
22 – TURBOSHAFT ENGINES



24 – AUXILIARY POWER SYSTEMS



41 – AIR CONDITIONING/PRESSURIZATION/ICE CONTROL



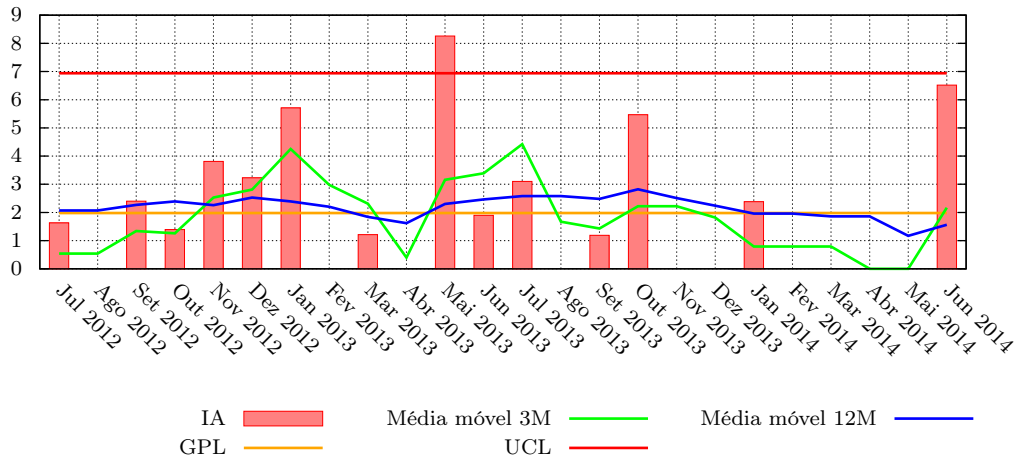
Índice de Anomalias (IA)

O IA corresponde à soma das anomalias na operação e na manutenção.

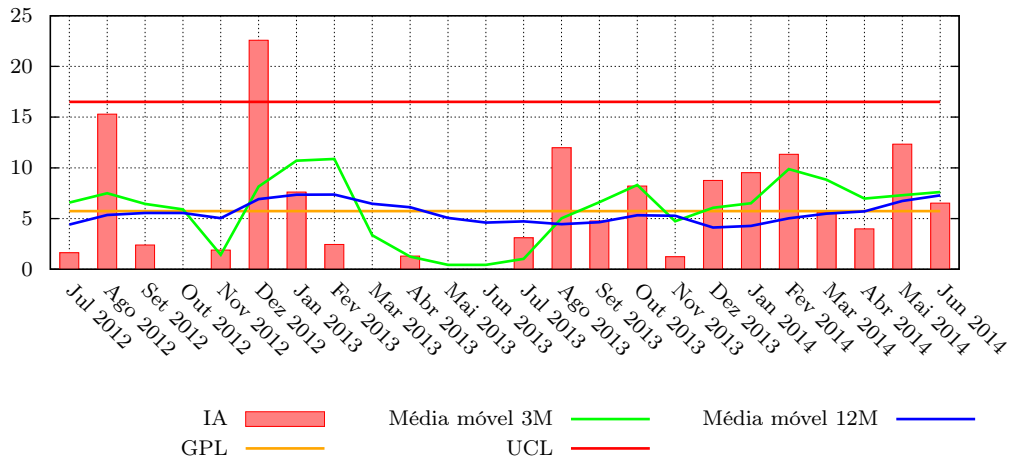
Nota: O IA_{3M} e IA_{12M} correspondem às médias móveis do IA para 3 e 12 meses, respectivamente.

Sistema	IA 2014-04	IA 2014-05	IA 2014-06	IA_{3M}	IA_{12M}	GPL	σ	UCL	Alerta
11	2,99	6,17	4,35	4,50	35,82	17,06	59,19	135,43	
12	0,00	0,00	6,52	2,17	1,56	1,98	2,48	6,94	AMARELO
13	4,98	7,40	6,52	6,30	7,40	8,48	6,01	20,51	
14	1,99	1,23	0,00	1,08	2,50	1,88	1,99	5,86	
22	3,99	12,33	6,52	7,61	7,28	5,74	5,38	16,50	AMARELO
24	0,00	4,93	0,00	1,64	0,72	0,79	1,83	4,45	AMARELO
29	4,98	1,23	4,35	3,52	4,92	5,84	4,87	15,58	
32	6,98	0,00	2,17	3,05	3,57	2,83	3,12	9,07	AMARELO
41	10,96	0,00	2,17	4,38	3,86	5,28	4,68	14,63	
42	1,99	11,10	8,70	7,26	6,06	6,45	4,73	15,90	AMARELO
45	1,99	0,00	0,00	0,66	0,17	0,18	0,60	1,38	AMARELO
46	2,99	1,23	0,00	1,41	1,30	2,74	3,85	10,43	
47	1,99	0,00	4,35	2,11	1,30	0,94	1,95	4,83	AMARELO
49	1,00	0,00	0,00	0,33	1,02	0,96	1,58	4,11	
51	2,99	1,23	0,00	1,41	1,60	2,31	2,48	7,28	
52	0,00	2,47	0,00	0,82	1,37	1,02	1,72	4,46	
56	0,00	7,40	2,17	3,19	1,87	2,70	3,11	8,91	AMARELO
59	1,00	3,70	0,00	1,57	0,52	2,32	3,40	9,13	
61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,60	1,60	3,79	
64	1,99	0,00	0,00	0,66	0,79	1,89	2,11	6,10	
65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,84	1,48	3,80	
67	0,00	0,00	2,17	0,72	0,58	1,14	2,59	6,33	
68	1,00	0,00	0,00	0,33	0,55	1,21	1,62	4,45	
69	1,00	0,00	0,00	0,33	0,97	2,51	3,30	9,10	
71	1,00	1,23	0,00	0,74	0,19	0,18	0,74	1,65	AMARELO
72	1,00	2,47	2,17	1,88	1,35	2,49	3,19	8,87	
73	1,99	0,00	0,00	0,66	0,39	0,47	1,00	2,48	AMARELO
74	1,00	0,00	0,00	0,33	0,66	0,37	0,81	1,99	
76	0,00	3,70	0,00	1,23	0,66	0,29	1,00	2,29	AMARELO
77	2,99	0,00	6,52	3,17	2,34	2,48	2,70	7,88	AMARELO
78	1,00	0,00	2,17	1,06	0,39	0,54	1,01	2,55	AMARELO
91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,49	1,09	2,68	
96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,37	0,81	

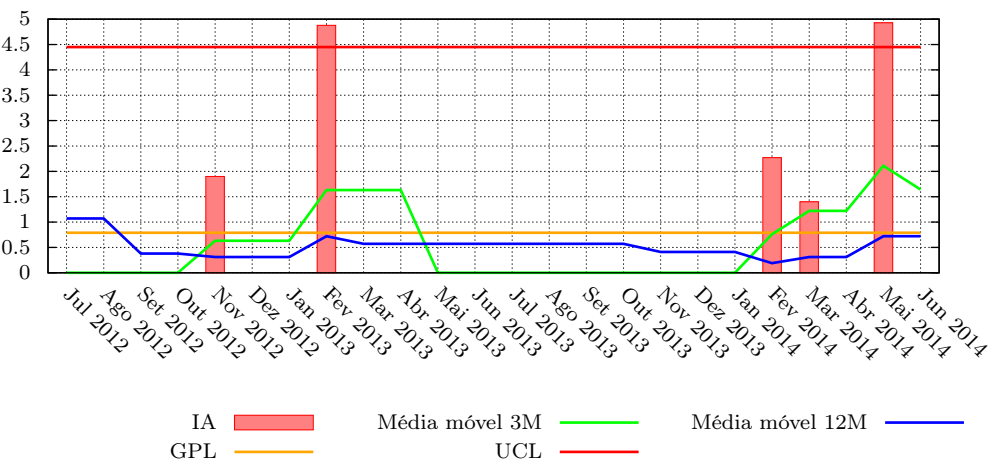
12 – FUSELAGE COMPARTMENTS



22 – TURBOSHAFT ENGINES



24 – AUXILIARY POWER SYSTEMS



Fiabilidade de Componentes

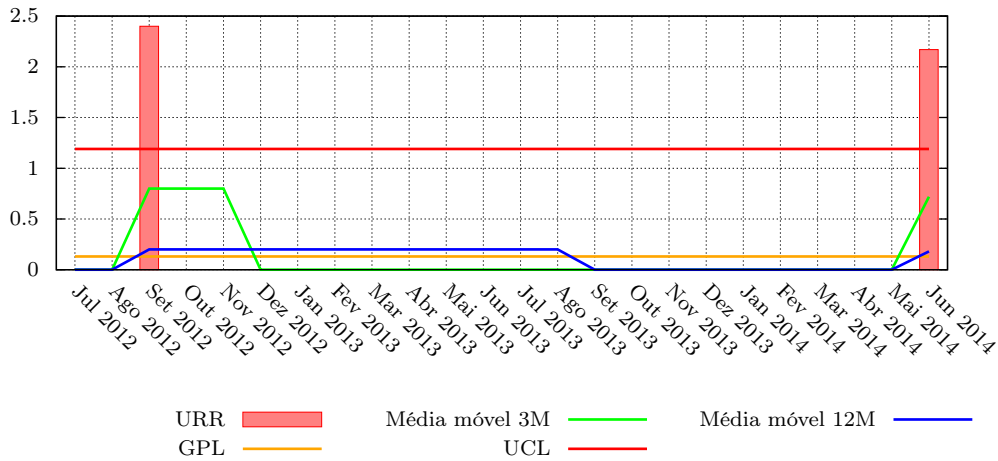
Mapa de Fiabilidade dos componentes de sistemas cujo URR despoletou alertas (uma vez que o SIAGFA-MGM ainda não permite a confirmação das avarias, não é possível, neste momento, calcular os valores de MTBF e de VR):

Mapa de Itens Controlados por S/N

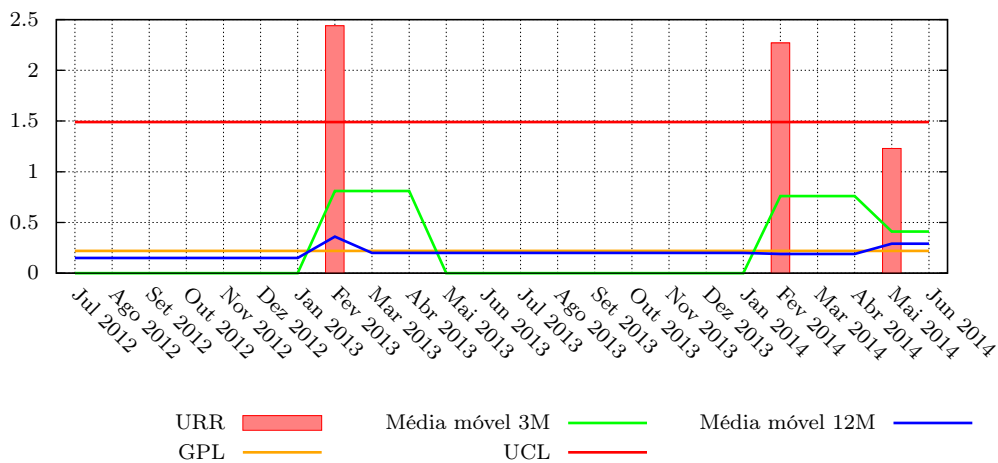
Sist.	P/N	Nomenclatura	URR _{3M}	URR _{12M}	GPL	σ	UCL	Alerta	MTBUR _{24M}	MTBF _{24M}	VR _{24M}
12	<???	ELECTRO MECHANICAL ACTUATOR	0,72	0,18	0,13	0,53	1,19	AMARELO	727,00	-	-
24	<???	ELECTRIC ENGINE STARTER	0,41	0,29	0,22	0,64	1,49	AMARELO	363,50	-	-
24	<???	ELECTRIC ENGINE STARTER	0,41	0,10	0,03	0,21	0,45	AMARELO	727,00	-	-
24	<???	MULTIPLE CENTRIFUGAL SWITCH	0,41	0,10	0,03	0,21	0,45	AMARELO	727,00	-	-
32	<???	PROPELLER CONTROL VALVE HOUSING	0,33	0,08	0,03	0,17	0,36	AMARELO	727,00	-	-
32	<???	PROPELLER PUMP HOUSING	1,06	0,57	0,19	0,58	1,34	AMARELO	181,75	-	-
41	<???	BLEED AIR SHUTOFF VALVE	0,06	0,01	0,04	0,11	0,27	AMARELO	4362,00	-	-
41	<???	CABIN TEMP CONT SYS SELECTOR/INDICATOR	0,36	0,16	0,12	0,36	0,85	AMARELO	727,00	-	-
42	<???	200 AMP CONVERTER	0,14	0,03	0,07	0,28	0,63	AMARELO	2181,00	-	-
42	<???	24VDC BATTERY	0,72	0,28	0,22	0,66	1,54	AMARELO	363,50	-	-
47	<???	SUPPLY CYLINDER	0,05	0,01	0,01	0,04	0,09	AMARELO	5089,00	-	-
47	<???	PILOT REGULATOR	0,11	0,03	0,01	0,06	0,12	AMARELO	2181,00	-	-
56	<???	COMPASS	0,21	0,05	0,02	0,10	0,22	AMARELO	1454,00	-	-
56	<???	COMPUTER (TRUE AIRSPEED)	0,72	0,54	0,25	0,68	1,62	AMARELO	242,33	-	-
56	<???	PILOTS AIR DATA DISPLAY UNIT	0,21	0,05	0,02	0,10	0,22	AMARELO	1454,00	-	-
71	<???	VOR/ILS RECEIVER	0,37	0,09	0,03	0,13	0,29	VERMELHO	727,00	-	-
72	<???	ANTENNA ELECTRONIC ENCLOSURE	0,72	0,73	0,52	1,08	2,68	AMARELO	181,75	-	-
73	<???	MAD MILMETER RECORDER	0,66	0,17	0,09	0,39	0,87	AMARELO	363,50	-	-
76	<???	SIGNAL PROCESSOR	0,41	0,10	0,03	0,21	0,45	AMARELO	727,00	-	-
77	<???	EO/IR TURRET	0,72	0,38	0,37	0,86	2,09	AMARELO	363,50	-	-

(uma vez que se trata apenas de um modelo exemplificativo, apenas se apresentam os gráficos para os três primeiros itens)

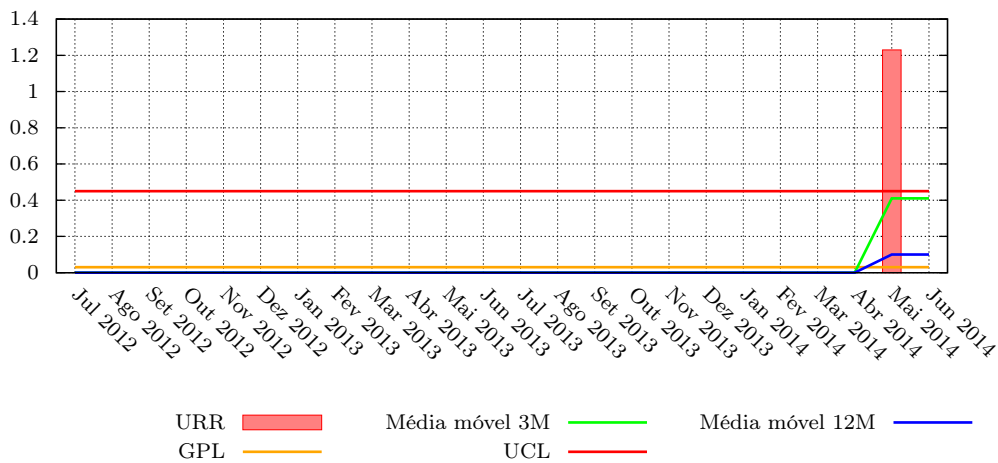
ELECTRO-MECHANICAL ACTUATOR



ELECTRIC ENGINE STARTER



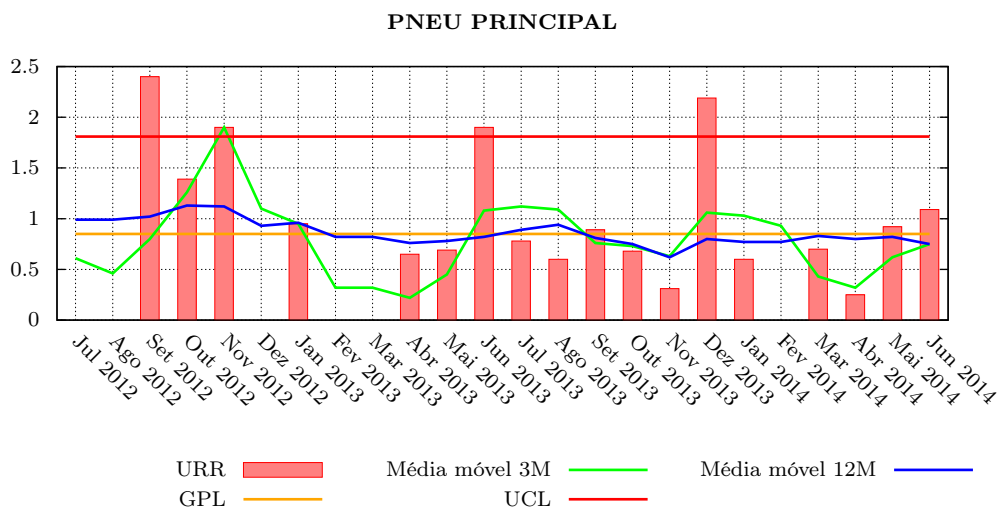
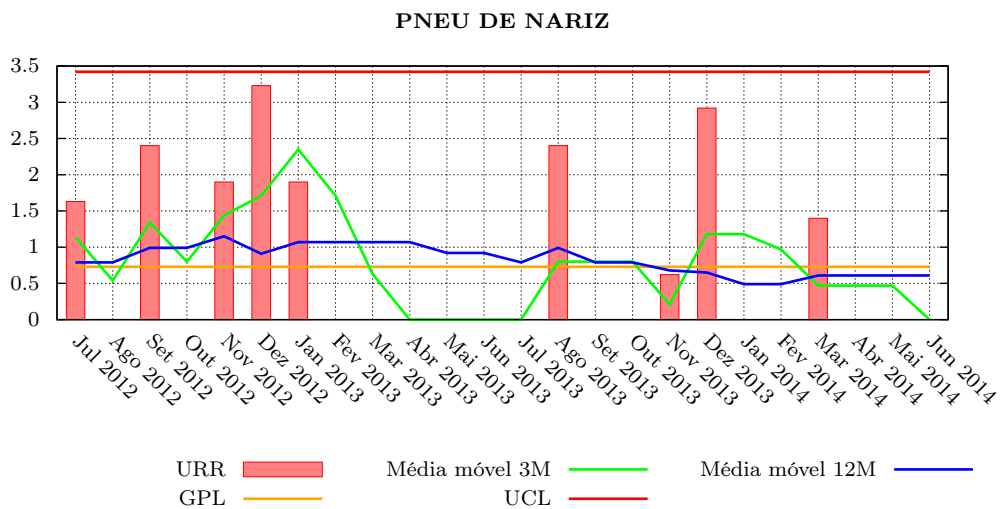
ELECTRIC ENGINE STARTER



Mapa de Itens Não-Controlados por S/N

(Uma vez que o MTTF aplica-se a componentes não controlados, este tem de ser calculado por Item de Configuração. Neste exemplo, considerou-se que a GSA do SA XPTO definiu os únicos itens não controlados a serem incluídos no PFA como sendo os pneus.)

IC	Nomenclatura	Qac	URR _{3M}	URR _{12M}	GPL	σ	UCL	Alerta	MTTF _{24M}
1367710	PNEU NARIZ	2	0,00	0,61	0,73	1,34	3,42		159,7
1375J10	PNEU PRINCIPAL	4	0,25	0,75	0,85	0,78	1,81		132,08



Fiabilidade do Grupo de Potência

In-Flight Shutdowns Rate (IFSDR)

(Por um lado, no período em causa não foram encontrados registos de IFSD's, pelo que não é possível calcular este valor. Por outro lado, espera-se que o novo SIAGFA-MGM venha permitir uma identificação mais clara e precisa da ocorrência destes eventos.)

Consumo de óleo

(Uma vez que o SIAGFA-MGM ainda não permite o registo do consumo de óleo, não é possível, neste momento, apresentar estes valores.)

Análise Preliminar

(Área destinada à descrição das conclusões após análise das situações de alarme anteriormente apresentadas, adiantando possíveis justificações para os dados, identificando falsos alarmes e salientando as situações que poderão constituir problemas reais.)

Anexo A

Modelo 1M – Relatório de Voo

Anexo B

Modelo 2M – Registo de Manutenção de Aviões

Anexo C

Modelo 3M – Lista de Deficiências a Corrigir

