

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO CPOS
2015/2016



TII/TIG

**APLICAÇÃO DO EMAR66 A SISTEMAS DE AERONAVES NÃO
TRIPULADAS**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IESM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

Elói Teixeira Pereira
CAPITÃO, ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
APLICAÇÃO DO EMAR66 A SISTEMAS DE AERONAVES
NÃO TRIPULADAS

CAPITÃO, ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO Elói Teixeira
Pereira

Trabalho de Investigação Individual do CPOS

Pedrouços 2016



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

APLICAÇÃO DO EMAR66 A SISTEMAS DE AERONAVES
NÃO TRIPULADAS

CAPITÃO, ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO Elói Teixeira
Pereira

Trabalho de Investigação Individual do CPOS

Orientador: MAJOR, ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO João Simões

Pedrouços 2016



Declaração de compromisso antiplágio

Eu, Elói Teixeira Pereira, declaro por minha honra que o documento intitulado Aplicação do EMAR66 a Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do CPOS FA 2015/2016 no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, 12 de Julho de 2016

Elói Teixeira Pereira



Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao orientador deste trabalho, Major João Simões, pelas ideias e revisões providenciadas. Agradeço também a toda a equipa do CIAFA/CIDIFA, nomeadamente, ao Major Aurélio Santos, Major Paula Gonçalves, Capitão João Caetano, Capitão Tiago Oliveira, Capitão Gonçalo Cruz, Sargento-Chefe Fernando Santos, Sargento-Ajudante Paulo Teixeira, Sargento-Ajudante Joaquim Gomes, Sargento-Ajudante Paulo Mendes, Sargento-Ajudante Jorge Fernandes, bem como ao Hao Chen da empresa Airphrame (EUA), por se terem disponibilizado a responder às entrevistas estruturadas. Os seus contributos derivados da sua experiência são de facto os dados mais importantes recolhidos neste trabalho. Agradeço em particular à Major Paula Gonçalves pelos inúmeros esclarecimentos sobre a área da manutenção e ajuda na execução das entrevistas. Agradeço aos meus camaradas de curso pela partilha de conhecimentos e camaradagem.

Agradeço à família que a vida me foi presenteando, em particular, ao Carlos, ao Luís, à Ana, à Maria, à Catarina, ao Gonçalo, ao Osni, ao Cavaco, à Teresa Alves, ao Ricardo, à Filipa, ao Manuel “Lefterakis”, ao Filipe, à Marisa, à Paula e ao Cid. O meu sincero obrigado pela vossa amizade. Agradeço por fim aos meus pais, Lourdes e Artur, e à menina Eleftheria aos quais dedico este trabalho. Obrigado pelo apoio e por me ajudarem a olhar para o futuro com esperança e alegria.



Índice

Introdução	9
Objeto da investigação e sua delimitação	10
Objetivos da investigação	11
• Objetivo Geral.....	11
• Objetivos Específicos.....	11
Problema de Investigação	11
• Pergunta de partida	11
• Perguntas derivadas	11
Organização do trabalho	11
1. Análise da literatura e estratégia de investigação	13
1.1. Análise da literatura	13
1.2. Modelo de análise	15
1.3. Metodologia, Percurso e Instrumentos.....	17
1.3.1. Resumo da Metodologia	17
1.3.2. Percurso Metodológico	17
2. Valências necessárias para a formação de manutenção permanente de UAS.....	18
2.1. EMAR 66	18
2.1.1. Breve descrição	18
2.1.2. Categorias e privilégios.....	18
2.1.3. Requisitos de básicos de conhecimento.....	19
2.1.4. Módulos de aprendizagem.....	20
2.2. Modelo de Hobbs e Herwitz	22
2.3. Entrevistas estruturadas a equipas de manutenção de UAS.....	25
2.3.1. Guião para entrevistas.....	25
2.3.2. Resultado das entrevistas	26
3. Modelo de base para os requisitos de conhecimento	29
Conclusões	34
Bibliografia	39



Índice de Anexos

Anexo A —	Questionário realizado por Hobbs e Herwitz.....	Anx A-1
-----------	---	---------

Índice de Apêndices

Apêndice A —	Guião para entrevistas estruturadas	Apd A-1
Apêndice B —	Resultado das entrevistas	Apd B-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Parte da equipa do CIAFA após operação em Portimão no exercício REP13 com a Marinha Portuguesa.....	10
Figura 2 - Base de análise para diferenciação entre a manutenção de UAS e aeronaves tripuladas.....	32

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Modelo conceptual preliminar.....	16
Tabela 2 - Módulos de conhecimento requeridos pelo EMAR 66 para cada categoria.....	21
Tabela 3 - Classes de UAS. Fonte: (Hobbs & Herwitz, 2006).	22



Resumo

Este trabalho de investigação tem como objetivo aferir quais as tarefas e valências específicas necessárias para a manutenção permanente de UAS, em contraste com os requisitos preconizados nos regulamentos de aeronavegabilidade permanente de aeronaves militares.

A aeronavegabilidade consiste na avaliação e certificação de uma aeronave voar de acordo com os padrões de segurança estabelecidos. Esta é dividida em aeronavegabilidade continuada, que avalia a condição de uma aeronave após a sua construção, e a aeronavegabilidade permanente, que estabelece as ações de manutenção necessárias para manter os níveis de aeronavegabilidade pretendidos durante a sua operação. Para assegurar que os UAS atingem os padrões aeronáutica atuais, é importante perceber como os regulamentos podem ser adaptados para responder à sua especificidade.

Para aferir quais as tarefas e valências de manutenção específicas para UAS, é desenvolvido um modelo qualitativo e indutivo fazendo uso da análise de literatura e dados recolhidos através de entrevistas estruturadas a pessoal de manutenção de UAS. As dimensões consideradas seguem o modelo SHELL preconizado pela ICAO para a análise de fatores humanos em sistemas aeronáuticos. A partir do modelo gerado, é sintetizado um conjunto de conteúdos curriculares como proposta para adequação a UAS dos conteúdos requeridos no EMAR 66.

Palavras-chave

UAS; manutenção; aeronavegabilidade; EMAR 66.



Abstract

This research work has the objective of assessing which specific tasks and skills are necessary for the continuous maintenance of UAS, in contrast with the requirements recommended in the rules and regulations for continuous airworthiness of militar aircrafts.

Airworthiness consists on the evaluation and certification of the capability of an aircraft to fly in compliance with the established safety standards. It is divided in initial airworthiness, which evaluates the condition of na aircraft after its construction, and the continuous airworthiness, which establishes what are the necessary maintenance actions in order to keep the desired airworthiness levels during operation. In order to assure that UAS meet the current aeronautics standards, it is paramount to understand how the rules and regulations can be adapted to cope with its specific features.

In order to understand which are the specific maintenance tasks and skills specific for UAS, it is developed a qualitative and inductive model taking into consideration a literature analysis and structured interviews to UAS maintenance personnel. The dimensions considered follow the SHELL model recommended by ICAO for the analysis of human factors in aviation. From the developed model, it is synthesized a set of learning topics that serves as a proposal for extending the basic skills required by the EMAR 66.

Keywords

UAS; maintenance; airworthiness; EMAR 66



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AAN – Autoridade Aeronáutica Nacional

AFA – Academia da Força Aérea

CIAFA – Centro de Investigação da Academia da Força Aérea

CIDIFA – Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea

CRS – *Certificate of Release to Service*

EASA – *European Aviation Safety Agency*

EDA – *European Defense Agency*

EMAR – *European Military Airworthiness Requirements*

EUA – Estados Unidos da América

FAP – Força Aérea Portuguesa

FAA – *Federal Aviation Administration*

FAP – Força Aérea Portuguesa

GCS – *Ground Control Station*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

ICA – *Instructions of Continuing Airworthiness*

MAML – *Military Aircraft Maintenance License*

MAWA – *Military Airworthiness Authorities Forum*

MFA – Manual da Força Aérea

MTO – *Maintenance Training Organization*

NMAA – *National Military Airworthiness Authority*

PITVANT – Projeto de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Não Tripulados

PM – Programa de Manutenção

TII – Trabalho de Investigação Individual

UAS – *Unmanned Aerial System*



Introdução

A hegemonia dos sistemas de aeronaves não tripuladas (UAS) tem imposto novos desafios a diversas áreas estabelecidas na aeronáutica civil e militar entre as quais a aeronavegabilidade. Na Europa existe um esforço de harmonização de regulamentação no que diz respeito à aeronavegabilidade no geral e à manutenção em particular. A Agência de Segurança de Aviação Europeia (EASA) estabelece regulamentação básica para as áreas de aeronavegabilidade continuada (conceção) e aeronavegabilidade permanente (preservação). No espectro militar europeu esse esforço é conduzido pela Agência de Defesa Europeia (EDA) que introduz um conjunto de requisitos de aeronavegabilidade para aeronaves militares (EMAR) que visa adaptar os regulamentos da EASA às particularidades das plataformas e operações militares. A nível nacional, a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) utiliza como base regulamentar em matéria de aeronavegabilidade continuada e permanente os regulamentos Europeus preconizados pela EASA e EDA (AAN, 2014).

A regulamentação de base da EASA e EDA não introduz considerações sobre os requisitos de aeronavegabilidade continuada e permanente de UAS.

A especificidade da operação e manutenção de UAS levanta a necessidade de um estudo sobre a adequação da regulamentação atual, bem como possíveis incrementos de forma a garantir um quadro regulamentar apropriado. Este trabalho de investigação pretende executar essa análise focando-se nos aspetos de aeronavegabilidade permanente, em particular na adequação do regulamento EMAR 66 da EDA (EDA, 2014) que especifica os requisitos necessários para a obtenção de licença para manutenção de aeronave militar (MAML).

O *Military Airworthiness Authorities Forum* (MAWA) identifica a formação, certificação e licenciamento de pessoal para execução tarefas de manutenção permanente como um dos desafios para a implementação nacional dos regulamentos Europeus para aeronavegabilidade de sistemas militares (MAWA, 2012). O mesmo documento aponta as NMAA nacionais a responsabilidade de definir os programas de treino para alcançar as metas preconizadas no EMAR 66. Em Portugal, a Autoridade Aeronáutica Nacional (AAN) estabeleceu que o processo de certificação de aeronavegabilidade para UAS deverá incluir um Programa de Manutenção (PM) como garantia da aeronavegabilidade permanente, detalhando inspeções a realizar na plataforma aérea, no canal de comando e controlo, na estação de controlo remota e nos equipamentos de apoio (AAN, 2013). Tendo em conta a importância das ações de manutenção nos sistemas de armas da Força Aérea Portuguesa



(FAP) para assegurar aeronavegabilidade permanente, o presente trabalho de investigação pretende fornecer uma análise fundamentada dos requisitos específicos necessários para a manutenção de UAS, tendo como ponto de partida o EMAR 66.

A Academia da Força Aérea (AFA), o Centro de Investigação da Academia da Força Aérea (CIAFA) e do Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea (CIDIFA), têm operado e mantido UAS de classe I desde 2006. O desenvolvimento efetuado até à data é de âmbito académico, tendo as equipas do CIAFA/CIDIFA acumulado já uma experiência com cerca de 700 horas de voo. Dos projetos de investigação salientam-se o PITVANT e o Seagull que tiveram a colaboração da Marinha, a Universidade do Porto, a Universidade da Califórnia em Berkeley, a Critical Software entre outras entidades nacionais e internacionais (Morgado, 2015). Ao abrigo destes projetos foram executadas diversas demonstrações da utilização conjunta de UAS em ambiente marítimo (Pereira et al., 2013). A Figura 1 apresenta uma fotografia com parte da equipa do CIAFA após operação no exercício REP13 em colaboração com a Marinha Portuguesa. No seguimento do trabalho académico realizado, a FAP definiu no MFA 500-12 a sua visão estratégica para a integração de UAS de classe II e classe III no seu efetivo operacional no qual é omissa em relação às questões de qualificação de pessoal (EMFA, 2013).



Figura 1 – Parte da equipa do CIAFA após operação em Portimão no exercício REP13 com a Marinha Portuguesa.

Objeto da investigação e sua delimitação

O objeto da investigação é o conjunto de requisitos, valências técnicas e fatores humanos necessários para executar manutenção permanente de UAS. A investigação é delimitada aos regulamentos europeus, em particular o EMAR 66. A análise é restringida a UAS de classe I e II e, sempre que possível, é extrapolada para UAS de classe III. Esta delimitação prende-se com a escassez de informação na FAP para UAS de classe III,



optando-se por dar preferência às classes onde existe internamente um conhecimento efetivo suportado pela experiência. Em termos temporais o estudo é delimitado aos regulamentos em vigor à data da realização do presente trabalho.

Objetivos da investigação

- **Objetivo Geral**

Aferir os requisitos para a formação de pessoal de manutenção permanente de UAS.

- **Objetivos Específicos.**

1. Identificar as tarefas específicas da manutenção de UAS.
2. Identificar as necessidades específicas de formação na manutenção permanente de UAS.
3. Identificar as alterações necessárias ao EMAR 66 de forma a endereçar as necessidades específicas da manutenção permanente de UAS.

Problema de Investigação

- **Pergunta de partida**

Tendo em conta os requisitos básicos preconizados pelo EMAR 66, quais os requisitos formativos específicos para manutenção permanente de UAS?

- **Perguntas derivadas**

1. Existem tarefas de manutenção específicas para UAS em comparação com aeronaves tripuladas?
2. Existem valências específicas necessárias para a manutenção permanente de UAS em comparação com aeronaves tripuladas?
3. O EMAR 66 é aplicável à manutenção permanente de UAS através de alterações e/ou adaptações formativas?

Organização do trabalho

O trabalho de investigação é organizado da seguinte forma. O capítulo 1 é dedicado à análise da literatura relevante, descrição da metodologia de investigação e o modelo de análise. No capítulo 2 apresenta-se a análise dos dados recolhidos e a constituição da teoria desenvolvida. No capítulo 3 apresenta-se o modelo resultante da adequação do EMAR66 a UAS, nomeadamente as possíveis extensões, suas justificações e limitações. O último



capítulo é reservado à conclusão, visando a análise crítica da teoria desenvolvida, a sua aplicabilidade prática e recomendações para futuros trabalhos.



1. Análise da literatura e estratégia de investigação

1.1. Análise da literatura

Na história da aviação tem havido um esforço notório para o estabelecimento de regulamentos que assegurem a operação segura e interoperável de aeronaves em espaço civil. Esse esforço tem como génese a assinatura da Convenção em Aviação Civil Internacional no dia 7 de Dezembro de 1944, também conhecida por Convenção de Chicago, que estabelece a ICAO. A convenção estabelece um conjunto de regras para definição do espaço aéreo, registo de aeronaves e sua segurança. Em particular, o anexo 8 da convenção de Chicago estabelece padrões alargados para a definição de bases mínimas, a aplicar por parte das autoridades nacionais, para o reconhecimento dos certificados de aeronavegabilidade pelos estados signatários (ICAO, 2014).

Na aviação militar o esforço para a uniformização e padronização de regras de aeronavegabilidade é mais complexo tendo em conta as especificidades das missões militares. Purton e Kourousis afirmam que não existia à data do seu estudo nenhuma organização para a segurança na aviação militar com peso semelhante a congénere civil e conjecturam que é pouco provável que venha a existir. Os autores suportam esta afirmação constatando o número reduzido de publicações na área da aeronavegabilidade de aeronaves militares comparando com o número de publicações no espectro civil (Purton & Kourousis, 2014). No mesmo artigo, os autores executam uma revisão das principais Autoridades para Aeronavegabilidade Militares (MAA), em particular, o Departamento de Defesa dos EUA (US DOD), Força Aérea dos EUA (US AF), Marinha dos EUA (*US Navy*), Exército dos EUA (*US Army*), MAA do Reino Unido, Departamento de Defesa Nacional do Canada, Direção Geral de Armamento da França, Forças Armadas Australianas, EDA e NATO. O presente trabalho de investigação foca-se no panorama europeu de aeronavegabilidade militar preconizado pela EDA. O EMAR 66 (EDA, 2014) é um regulamento da EDA que constitui a adequação à especificidade militar do EASA Part-66 (EASA, 2014) que estabelece os requisitos técnicos e processos administrativos para assegurar aeronavegabilidade permanente de aeronaves tripuladas.

No caso da aeronavegabilidade para UAS, o panorama de regulamentos e publicações apresenta a mesma dicotomia entre o espectro civil e militar. Apesar da aviação militar ser pioneira no uso de UAS, foi no âmbito do esforço para a inserção de UAS civis para uso



comercial em espaço aéreo não-segregado que levantou a necessidade de regulamentar estes sistemas (Schock, 2014).

De forma a tornar mais célere e efetiva a criação de regulamentação para UAS, diversos autores e organizações defendem que esta deverá ter como base os regulamentos existentes para aeronaves tripuladas. Cook apresenta quais as áreas técnicas chave dos UAS que deverão ser endereçadas de forma a adequar a regulamentação existente (Cook, 2011). Atkins defende uma posição semelhante a Cook, contudo salienta que a customização *per se* não é suficiente, salientando a necessidade de nova regulamentação nas áreas da automação, instrumentação e canais de comunicações para estações de terra. Devido ao largo espectro de plataformas UAS em termos de dimensões, configurações, missões e ambiente operacionais, a autora defende também a criação de métricas para uma análise criteriosa e justa do impacto que um determinado UAS pode ter perante pessoas e infra-estruturas (Atkins, 2012). Numa declaração de política interna, a EASA afirma que “...*sem pessoas a bordo da aeronave, o objetivo da aeronavegabilidade é primariamente dirigida à proteção de pessoas e propriedade no chão. Um UAS civil não poderá incrementar o risco para pessoas e propriedades em terra comparado com uma aeronave tripulada de categoria equivalente. Os padrões de aeronavegabilidade não deverão ser inferiores aos atualmente exigidos a aeronaves tripuladas comparáveis, bem como não deverão penalizar UAS com padrões mais elevados apenas porque a tecnologia assim o permite*” (EASA, 2009). Esta declaração de política interna da EASA é o primeiro passo no sentido desta agência apresentar regulamentação própria para UAS. A declaração apresenta várias linhas orientadoras para a aplicação do regulamento para aeronavegabilidade permanente (conhecido como Part-21), fazendo também breves referências ao regulamento para aeronavegabilidade permanente (conhecido como *Part-M*) mas sem especificar diretivas para a aplicação do mesmo.

Segundo Hobbs e Herwitz (Hobbs & Herwitz, 2006), um dos principais desafios para a aeronavegabilidade permanente de UAS em comparação com as aeronaves tripuladas, é perceber as diferenças nos fatores humanos envolvidos nas operações manutenção. Utilizando o modelo SHELL preconizado pela ICAO (ICAO, 1989), Hobbs e Herwitz identificaram a partir de entrevistas estruturadas a operadores e pessoal de manutenção de UAS, quais as áreas técnicas onde existe sobreposição entre a manutenção de aeronaves tripuladas e UAS e quais as tarefas e valências específicas para manter continuamente UAS. Os autores salientam que na aeronáutica convencional, um técnico de manutenção encontra-



se confinado à aeronave propriamente dita ao passo que na manutenção de UAS o seu espaço de ação alargado à estação de terra e aos canais de comunicação e telemetria. Isto requiere a necessidade de conhecimentos aprofundados em áreas como a computação, a comunicação e as redes de computadores. Sendo estas áreas de conhecimento pouco aprofundadas na formação de técnicos de manutenção de aeronaves tripuladas, os autores anteveem a necessidade de um currículo diferente para manutenção de UAS. Hobbs e Herwitz aprofundam este tópico executando vários estudos de caso onde identificam as tarefas específicas para UAS bem como os desafios emergentes (Hobbs & Herwitz, 2008).

No panorama nacional, a literatura em manutenção e aeronavegabilidade de UAS é escassa. Gonçalves *et al.* apresentam um programa de manutenção permanente para as plataformas do CIAFA/CIDIFA utilizadas no PITVANT (Gonçalves *et al.*, 2014). O MFA 500-12 que define a visão estratégica para a inclusão de UAS na FAP é omissivo no que diz respeito à aeronavegabilidade permanente e continuada das plataformas a desenvolver ou adquirir. Por outro lado, a AAN estabeleceu que o processo de certificação de aeronavegabilidade para UAS deverá incluir programas de manutenção como garantia da aeronavegabilidade permanente. A inexistência de regras, regulamentos e diretivas com implementação universal e consensual para a área da aeronavegabilidade permanente de UAS aumenta o interesse no sentido de perceber se os regulamentos existentes para aeronaves tripuladas podem ser adotados e/ou adaptados para UAS. Uma vez que a FAP tem feito um esforço na implementação dos regulamentos de aeronavegabilidade da EDA, restringe-se o objeto de estudo aos regulamentos produzidos por esta agência, nomeadamente o EMAR 66.

O presente trabalho de investigação pretende analisar de forma indutiva quais os requisitos para a manutenção permanente de UAS. Apesar da metodologia de investigação a adotar ser a indutiva, formalizam-se hipóteses preliminares de forma a aferir quais os conceitos a estudar. As hipóteses preliminares levantadas vão no sentido de avaliar quais as tarefas de manutenção que são específicas dos UAS e quais os requisitos de formação específicos para UAS em contraste com os existentes no EMAR 66. A Tabela 1 apresenta as hipóteses preliminares, bem como os conceitos, dimensões, indicadores e ferramentas de investigação.

1.2. Modelo de análise

O modelo de análise encontra-se descrito na Tabela 1.



Tabela 1 - Modelo conceptual preliminar.

Hipóteses	Conceitos	Dimensões	Indicadores	Ferramentas
H1: Existem tarefas de manutenção específicas para UAS em comparação com aeronaves tripuladas.	Tarefas de manutenção	Plataforma	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Propulsão	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Energia	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Cablagens	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Navegação (<i>software e hardware</i>)	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Comunicações	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Computação	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		<i>Payload</i>	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Sistemas auxiliares de descolagem e aterragem	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
		Sistema de Comando e controlo (<i>hardware e software</i>)	Ações de manutenção	Literatura e entrevistas
H2: Existem valências específicas para manutenção permanente de UAS em comparação com aeronaves tripuladas.	Formação de pessoal de manutenção	<i>Software</i>	Valências individuais e currículos	Literatura e entrevistas
		<i>Hardware</i>	Valências individuais e currículos	Literatura e entrevistas
		Fatores pessoais	Valências individuais e currículos	Literatura e entrevistas
		Ambiente	Necessidades estruturais	Literatura e entrevistas
H3: O EMAR 66 é aplicável manutenção permanente de UAS através de alterações e/ou adaptações formativas.	Formação de pessoal de manutenção	<i>Software</i>	Requisitos	Análise documental
		<i>Hardware</i>	Requisitos	Análise documental
		Fatores pessoais	Requisitos	Análise documental
		Ambiente	Requisitos	Análise documental

As dimensões escolhidas para avaliar o conceito de tarefas de avaliação resultaram de uma categorização de um UAS típico. Por outro lado, o conceito de formação de pessoal de manutenção é avaliado segundo as dimensões definidas no modelo SHELL introduzido pela ICAO para a avaliação dos fatores humanos na manutenção de sistemas (ICAO, 1989).



1.3. Metodologia, Percurso e Instrumentos

1.3.1. Resumo da Metodologia

A investigação segue uma estratégia qualitativa em que os dados da investigação são analisados indutivamente recorrendo para esse efeito a técnicas de análise documental e entrevistas estruturadas. Segundo Bryman, a estratégia qualitativa indutiva caracteriza-se pela construção de uma teoria através da generalização de inferências a partir de observações, também conhecida por estratégia *bottom-up* (Bryman, 2012). A teoria a emergir deste estudo indutivo deverá dar respostas sobre as tarefas e valências necessárias para a manutenção permanente de UAS e a aplicabilidade dos regulamentos de aeronavegabilidade permanente de aeronaves tripuladas.

1.3.2. Percurso Metodológico

O percurso metodológico adotado tem três fases distintas: a fase exploratória, a fase analítica e a fase conclusiva.

A fase exploratória foi iniciada aquando da atribuição do tema de investigação. A pesquisa bibliográfica efetuada à data da elaboração deste trabalho de investigação reflete o conteúdo à data dos vários regulamentos e documentos, os quais na área dos UAS se encontram em frequente revisão, não existindo ainda documentação oficial final e aprovada nesta temática. Efetuou-se uma pesquisa bibliográfica de regulamentos de aeronavegabilidade permanente da EASA e EDA bem como a análise de artigos científicos sobre a influência dos fatores humanos na manutenção de UAS. Foram também executadas entrevistas na Direção de Engenharia e Programas, nomeadamente no gabinete de qualidade, que permitiram orientar de forma genérica a pesquisa bibliográfica e em particular perceber o estadió de implementação do EMAR 66 na FAP. A fase exploratória prosseguiu com entrevistas estruturadas aos responsáveis e técnicos de manutenção de UAS do CIAFA/CIDIFA.

Na fase analítica foi constituído o modelo de análise tendo como ponto de partida o modelo conceptual apresentado na Tabela 1. A análise efetuada incidiu nos documentos e entrevistas efetuadas. A partir desta análise elaborou-se de forma indutiva uma teoria sobre os requisitos de formação para a execução de tarefas de manutenção permanente de UAS tendo como ponto de partida os requisitos preconizados pelo EMAR 66.

Na fase conclusiva realizou-se uma reflexão sobre a teoria desenvolvida no que diz respeito aos seus pontos fortes e limitações, aplicabilidade prática e recomendações para investigações futuras.



2. Valências necessárias para a formação de manutenção permanente de UAS

O elemento de análise inicial para este trabalho de investigação é o plano de conhecimentos modular definido pelo EMAR 66. Este será o ponto de partida para avaliar a sua adequabilidade ou necessidade de extensão de forma a abranger a manutenção permanente de UAS. Neste capítulo, em primeira instância é analisado o EMAR 66, em particular o plano de conhecimentos. De seguida é analisado com detalhe os resultados obtidos por Hobbs e Herwitz devido à relevância e aplicabilidade da investigação realizada por estes autores. Prossegue-se com a definição do guião para as entrevistas estruturadas bem como a apresentação e análise preliminar dos dados recolhidos.

2.1. EMAR 66

2.1.1. Breve descrição

O EMAR 66 é o documento que define os requisitos de aeronavegabilidade para o licenciamento de manutenção permanente de aeronaves militares na Europa. O documento foi primariamente elaborado e é permanentemente mantido pela MAWA para a EDA. O EMAR 66 divide-se em duas secções. A secção A é dedicada aos requisitos técnicos e a secção B é dedicada aos procedimentos burocráticos a seguir pelas autoridades nacionais militares de aeronavegabilidade. A secção B é suficientemente genérica e abstrata para não introduzir desafios consideráveis na sua hipotética extensão para incluir aeronaves não-tripuladas. Como tal, o presente trabalho restringe o seu objeto de investigação aos requisitos técnicos definidos na Secção A, em particular na especificação dos conhecimentos básicos definidos no apêndice I, padrões de avaliação definidos nos apêndices II e III.

2.1.2. Categorias e privilégios

O EMAR 66 endereça as seguintes categorias de manutenção:

- Categoria A: mecânico de linha (estrutura e propulsão);
- Categoria B1: técnico de manutenção de mecânica, estrutura e propulsão;
- Categoria B2: técnico de manutenção de aviónicos;
- Categoria C: técnico de manutenção de base.

As categorias A e B1 incluem subcategorias para aeronaves de asa fixa com motor de turbina (A1 e B1.1), aeronaves de asa fixa com motor de pistão (A2 e B1.2), aeronaves de asa rotativa com motor de turbina (A3 e B1.4) e aeronaves de asa rotativa com motor de pistão (A4 e B1.4).



A categoria A permite que o detentor emita certificados de entrega de aeronave para serviço, mais conhecido pela designação anglo-saxónica *Certificate of Release to Service* (CRS), após ações de manutenção de linha da frente planeadas e retificações simples dentro dos limites delineados pelo EMAR 145.A.35.

A categoria B1 permite ao detentor da licença emitir CRS e servir como parte integrante da equipa de manutenção da parte estrutural, sistema de geração de energia, sistemas mecânicos e sistemas elétricos. Esta categoria permite também executar testes simples em sistemas aviônicos para demonstrar o seu correto funcionamento desde que não seja necessário qualquer tipo de intervenção técnica.

A categoria B2 permite ao detentor da licença emitir CRS e servir como parte integrante da equipa de manutenção dos sistemas aviônicos e sistemas elétricos. Esta licença permite também executar tarefas de manutenção simples nos sistemas mecânicos e no sistema de geração de energia desde que as intervenções sirvam apenas o propósito de demonstrar o seu funcionamento e não impliquem qualquer intervenção técnica.

A categoria C permite ao detentor da licença de emitir CRS para aeronaves após manutenção de base. Os privilégios desta licença aplicam-se à aeronave no seu todo.

2.1.3. Requisitos de básicos de conhecimento

O apêndice I do EMAR 66 define os requisitos básicos de conhecimento necessários para a obtenção das licenças referentes a cada uma das categorias acima referidas. A avaliação de conhecimentos é executada quer por uma organização de instrução de manutenção, mais conhecido pela designação anglo-saxónica *Maintenance Training Organization* (MTO), previamente certificada segundo o EMAR 147, ou pela autoridade para a aeronavegabilidade militar nacional, conhecida pela designação anglo-saxónica de *National Militar Airworthiness Authority* (NMAA).

Os requisitos estão divididos em três níveis de aprendizagem com os seguintes objetivos genéricos.

- Nível 1: familiarização com o assunto
 - Familiarização com os elementos básicos do assunto em estudo;
 - Ser capaz de fornecer uma descrição sucinta do assunto na sua totalidade usando linguagem normal e exemplos;
 - Ser capaz de utilizar os termos técnicos.

- Nível 2: conhecimento geral de teor teórico e prático bem como sua aplicação



- Capacidade de compreender os conceitos fundamentais do assunto;
 - Capacidade de usar formalismo matemático em conjunção com as leis físicas que descrevem o assunto;
 - Ler e compreender desenhos técnicos e esquemas utilizados para descrever o assunto;
 - Aplicar o seu conhecimento na prática utilizando procedimentos detalhados.
- Nível 3: conhecimento detalhado de teor teórico e prático bem como sua aplicação e capacidade de combinar diversos elementos de conhecimento de forma lógica e entendível
 - Dominar a teoria do assunto bem como as suas interdependências com outros assuntos;
 - Ser capaz de providenciar uma descrição detalhada do assunto usando fundamentos teóricos e exemplos específicos;
 - Perceber e ser capaz de utilizar formalismo matemático relativo ao assunto;
 - Ser capaz de ler e compreender desenhos técnicos e esquemas utilizados para descrever o assunto;
 - Ser capaz de interpretar os resultados de várias fontes e medidas e aplicar ações corretivas sempre que necessário.

2.1.4. Módulos de aprendizagem

O EMAR 66 define os módulos de aprendizagem, especificando o nível de aprendizagem que deverá ser alcançado por obter licenciamento em cada uma das categorias. O EMAR 66 define também os conteúdos de aprendizagem específicos para cada módulo. Devido à sua extensão, não se irá transcrever em detalhe todos os módulos de aprendizagem. Contudo é importante perceber quais os módulos e a que nível os mesmos deverão ser atendidos para obter uma licença numa determinada categoria. No caso específico da categoria C, os conhecimentos serão obtidos por via universitária por entidade certificada pela NMAA. Contudo, o EMAR 66 requer que os candidatos a esta licença deverão satisfazer os requisitos básicos de conhecimentos para a categoria B1 ou para a categoria B2. A informação sobre quais os módulos necessários para cada categoria é apresentada na Tabela 2.



Tabela 2 - Módulos de conhecimento requeridos pelo EMAR 66 para cada categoria.

Módulo	A ou B1, asa fixa, motor:		A ou B1, asa rotativa, motor:		B2
	Turbina	Pistão	Turbina	Pistão	
1 – Matemática					
2 – Física					
3 – Fundamentos elétricos					
4 – Fundamentos de eletrônica					
5 – Sistemas digitais e instrumentação					
6 – Materiais e hardware					
7 – Práticas de manutenção					
8 – Aerodinâmica básica					
9 – Fatores humanos					
10 – Legislação aérea					
11a – Aerodinâmica das turbinas, estruturas e sistemas					
11b – Aerodinâmica dos motores a pistão, estruturas e sistemas					
12 – Aerodinâmica de helicópteros, estruturas e sistemas					
13 – Aerodinâmica de aeronaves, estruturas e sistemas					
14 – Propulsão					
15 – Motores de combustão com turbina					
16 – Motores de pistão					
17 – Hélices					
50 – Princípios essenciais de armamento					
51 – Sistemas de berço para armamento					
52 – Sistemas operacionais de ataque					
53 – Sistemas de vigilância e guerra eletrônica					
54 – Segurança de tripulação					
55 – Sistemas de comunicação militares					

 Sistemas civis e militares
 Sistemas militares específicos



2.2. Modelo de Hobbs e Herwitz

A operação e manutenção de UAS são atividades emergentes ainda longe do estado de maturação alcançado pela aviação convencional. Essa falta de maturação dos UAS é evidente pela falta de documentação, doutrina e padronização das tarefas de manutenção. Contudo, existe um vasto conhecimento empírico adquirido por equipas de manutenção e operação de UAS que não pode ser desprezado e deverá ser motivo de análise. Hobbs e Herwitz (2006, 2008) foram pioneiros na recolha desta informação com o propósito de inferir qual o currículo mais adequado para o pessoal de manutenção de UAS bem como de perceber quais as diferenças mais significativas entre a manutenção de UAS e a manutenção de aeronaves tripuladas.

De acordo com Hobbs e Herwitz (2006) uma das principais diferenças entre as aeronaves tripuladas e as aeronaves não-tripuladas é a elevada diversidade dos UAS, facilmente evidenciada pelo largo espectro de plataformas quer em termos de dimensão física bem como alcance e autonomia de voo (ver Tabela 3). Segundo os autores, é muito provável que a manutenção de um UAS Global Hawk de 25,600 lb tenha muito pouco em comum com a manutenção de um UAS Black Widow, como motor elétrico e peso inferior a 1 lb. Para além do mais, seria imprudente deixar fora de análise plataformas de pequenas dimensões devido à importância civil e militar evidenciada, bem como o seu potencial atual para escalar para números de operação superiores a aeronaves tripuladas.

Tabela 3 - Classes de UAS. Fonte: (Hobbs & Herwitz, 2006)¹.

Classes	Massa (libras)	Alcance (milhas)
Micro	< 1	1 – 2
Mini	1 – 15	Algumas dezenas
Pequenas	15 – 100	100
Médias	100 – 500	100 – 1.000
Grandes	500 – 32.000	1.000

Hobbs e Herwitz (2006) apontam como diferença-chave entre UAS e aeronaves tripuladas o facto de nos UAS o veículo ser apenas um dos componentes de um complexo sistema que contém ainda a estação de controlo em terra, mais conhecida pela designação anglo-saxónica de *Ground Control Station* (GCS), o canal de comunicações de dados e outros componentes de terra, e.g., catapultas. Todos estes componentes devem ser vistos

¹ Neste trabalho é utilizada a categorização em classes I, II, III e IV definida no Apêndice A.



como parte integrante do UAS, tendo cada componente requisitos de manutenção específicos. Um outro aspeto diferenciador é o facto de uma grande percentagem de UAS utilizar veículos com motores elétricos. Este tipo de sistema de propulsão é pouco usual na aeronáutica convencional. De forma a aprofundar e concretizar as suas afirmações, os autores entrevistaram um total de 31 entrevistas estruturadas conduzidas entre 2005 e 2006 a pessoal com responsabilidades de manutenção de UAS civis e militares nos EUA com massa igual ou inferior a 500 lb (ver questionário no Anexo A). Os resultados foram organizados segundo o modelo SHELL – “*Software, Hardware, Environment, and Liveware*” para análise de fatores humanos recomendado pela ICAO (ICAO, 1989). De seguida apresenta-se as principais conclusões para cada componente SHELL.

- Software/Documentação
 - Saber utilizar software de análise de dados pós-missão;
 - Falta de documentação de manutenção detalhada e estruturada;
 - Falta de padrões para documentação de manutenção;
 - Falta de sistemas de reporte para falhas e incidentes;
 - Necessidade de familiarização com informática e software.
- Hardware
 - Dificuldades em manter equipamentos do UAS que não sejam o veículo, e.g., componentes de terra e comunicações;
 - Dificuldades devido ao uso extenso de computadores;
 - Necessidade excessiva de empacotar e transportar equipamentos;
 - Necessidade de montar e desmontar os sistemas com elevada frequência;
 - Existência de componentes específicos de UAS, e.g., catapultas, computadores, paraquedas, e sistemas *sense&avoid*;
 - Criticidade dos sistemas de comunicação;
 - Requisitos de manutenção de baterias;
 - Elevado uso de materiais compósitos;
 - Distinção entre *payload* e veículo;
 - Necessidade de troca de pequenos componentes com elevada frequência;
 - Falta de informação sobre modos e taxas de falha de componentes;
 - Não existência de números de série para componentes;
 - Sistemas de propulsão não-convencionais;
 - Mistura de combustível e armazenamento.



- Fatores pessoais
 - Complacência devido ao facto de não existirem vidas a bordo;
 - Amadorismo derivado da experiência com aeromodelos;
 - Falta de reportes diretos de um piloto a bordo;
 - Operadores são normalmente também parte da equipa de manutenção;
 - Necessidade de um largo espectro de conhecimentos.
- Ambiente
 - Plataformas armazenadas no interior o que facilita a sua manutenção;
 - Operações a elevadas altitudes expõem aviónicos e servo-atuadores a temperaturas muito baixas.

Após análise aos resultados obtidos, os autores propuseram um modelo para conhecimentos básicos que serviria como modelo complementar ao FAR 147. O FAR 147 é um documento da FAA homólogo ao EMAR 66 e ao EASA Part 66 que especifica os conteúdos curriculares para manutenção de aeronaves tripuladas. A adição curricular proposta por Hobbs e Herwitz é apresentada de seguida.

1. Avaliação de condição devido a infiltrações de água;
2. Manuseamento de computadores;
3. Sistema operativos;
4. Misturas e armazenamento de combustíveis;
5. Sistemas de células de combustível;
6. Teoria e manutenção de motores elétricos;
7. Materiais compósitos;
8. Software, redes de computadores, e *hubs* de *ethernet*;
9. Eletrónica;
10. Transmissão rádio e teoria de controlo remoto;
11. Interferências eletromagnéticas;
12. Sistemas de transmissão e antenas de terra;
13. Manutenção de pilotos automáticos, inclusive carregamento de *firmware*;
14. Baterias elétricas;
15. Manutenção de paraquedas;
16. Catapultas e sistemas pneumáticos;
17. Massa e centragem;
18. Interações entre piloto automático e servo-atuadores.



2.3. Entrevistas estruturadas a equipas de manutenção de UAS

De forma a complementar e adaptar o modelo de Hobbs e Horwitz à experiência adquirida na FAP, em particular no CIAFA e no CIDIFA, na operação e manutenção de UAS realizou-se um conjunto de entrevistas estruturadas a pessoal de manutenção ou com responsabilidades de chefia direta nas equipas de manutenção destes grupos de investigação. Os militares do CIAFA/CIDIFA entrevistados foram os seguintes: Major Aurélio Santos; Major Paula Gonçalves; Capitão João Caetano; Capitão Tiago Oliveira; Capitão Gonçalo Cruz; Sargento-Chefe Fernando Santos; Sargento-Ajudante Paulo Teixeira; Sargento-Ajudante Joaquim Gomes; Sargento-Ajudante Paulo Mendes; e Sargento-Ajudante Jorge Fernandes. A escolha dos entrevistados recaiu na experiência que recolheram nos últimos anos no CIAFA/CIDIFA, nomeadamente nos projetos PITVANT e Seagull. Alguns dos entrevistados acumulam também experiência na manutenção de aeronaves tripuladas, em particular nas aeronaves C-130, CASA C-212, TB-30, CASA C-295 e EH-101.

Realizou-se também uma entrevista a Hao Chen, que participou em diversas operações do CIAFA enquanto *alumnus* da Universidade da Califórnia em Berkeley e que agora é responsável pelas equipas de operação e manutenção de UAS da empresa Airphrame sediada nos EUA.

2.3.1. Guião para entrevistas

O guião elaborado para a condução das entrevistas é apresentado no Apêndice A. O guião, constituído por 11 perguntas, é uma adaptação do guião utilizado por Hobbs e Horwitz (2006) transcrito no Anexo A. A parte inicial do guião estabelece um padrão quer para a caracterização e classificação de um UAS. O objetivo desta parte inicial é fornecer aos entrevistados uma base comum de forma a eliminar efeitos de interpretações ambíguas nas definições dos sistemas e sub-sistemas que compõem um UAS. As duas primeiras questões têm como finalidade quantificar a experiência do entrevistado bem como aferir quais os sistemas que tem mantido. Da terceira à oitava pergunta pretende-se aferir as tarefas específicas na manutenção de UAS. Este conjunto de perguntas concorre diretamente para a hipótese H1. As perguntas número 9 e 10 pretende aferir quais as valências específicas e transversais são mais desejadas para a manutenção de UAS. Estas perguntas concorrem para as hipóteses H2 e H3. Por fim a pergunta 11 tem como objetivo aferir se estruturalmente a categorização do pessoal de manutenção preconizado pelo EMAR66 é adequada para UAS. Esta pergunta concorre principalmente para a hipótese H3.



2.3.2. Resultado das entrevistas

As entrevistas foram executadas nos meses de Abril e Maio de 2016. As respostas estão apresentadas em detalhe no Apêndice B —. De seguida apresenta-se uma compilação dos contributos por pergunta, categorizando os contributos utilizando o modelo SHELL.

1. *Há quantos anos executa manutenção de UAS?*
 - a. Os entrevistados apresentam experiência na manutenção de UAS entre 3 a 7 anos.
2. *Quais as classes de UAS tem mantido e quais os tipos de subsistemas*
 - a. As classes de UAS cobertas pelas entrevistas foram Classe I micro e mini e Classe II. A listagem de subsistemas apresentada no guião é coberta na totalidade pelo conjunto de entrevistados.
3. *Quais os principais problemas/desafios de manutenção que enfrenta na sua operação?*
 - a. Plataformas de I&D com baixo nível de maturidade; (H)
 - b. Falta de experiência operacional (número de horas de voo e saídas); (L)
 - c. Desconhecimento dos comportamentos em voo; (S, L)
 - d. Inexistência de planos de manutenção preventiva; (S)
 - e. Manutenção principalmente corretiva e à condição; (S)
 - f. Elevado número de avarias inopinadas; (H)
 - g. Falta de fornecimento de documentação por parte dos fabricantes de componentes; (S)
 - h. Mudanças constantes de configuração para integração de novos sistemas *ad-hoc*, em curto prazo e sem historial de operação; (H)
 - i. Falta de procedimentos e registo de intervenções nas aeronaves; (S)
 - j. Elevada canibalização de sub-sistemas entre plataformas; (H)
 - k. Heterogeneidade das plataformas; (H)
 - l. Mudança dos locais onde se executa a manutenção e do pessoal que a desempenha; (E)
 - m. Espaço reduzido para instalação de equipamentos. (H)
4. *Detêm experiência na manutenção de sistemas RC previamente à sua experiência na manutenção de UAS? Se sim, quais as principais diferenças/dificuldades que sentiu na transição para UAS?*



- a. Quatro entrevistados responderam afirmativamente. As principais diferenças/dificuldades apontadas foram:
 - i. Necessidade de uma manutenção preditiva para UAS; (S)
 - ii. Sensibilidade dos equipamentos nos UAS. (H)
5. *Tem alguma certificação, formação ou experiência na manutenção de aeronaves tripuladas? Se sim, qual a classe de manutenção ou certificação equivalente?*
 - a. O conjunto de entrevistados inclui um Técnico de Manutenção de Material Aeronáutico, uma licenciada e doutoranda em engenharia mecânica na área de manutenção e fiabilidade; um piloto com licença PPL(A) e três mecânicos abrangendo as classes A1, A2, B2, B1.1 e B1.2.
6. *Se respondeu positivamente à pergunta anterior, quais as principais diferenças/dificuldades que sentiu na transição para UAS?*
 - a. Organização da manutenção; (S)
 - b. Dificuldade de efetuar rastreabilidade e o controlo da manutenção; (S)
 - c. Falta de um plano de manutenção; (S)
 - d. Espaço reduzido para instalação de equipamentos; (H)
 - e. Necessidade de valências transversais, nomeadamente na área de eletrónica. (L)
7. *Da sua experiência e conhecimentos acha que existem tarefas de manutenção específicas para UAS? Se sim, descreva quais essas tarefas.*
 - a. Cinco dos entrevistados responderam positivamente, apontando as seguintes tarefas:
 - i. Reparações frequentes na estrutura e subsistema de propulsão; (H)
 - ii. Verificação e manutenção dos sistemas de comando e controlo da estação de terra, e.g. hardware, software, sistemas de geração de energia. (S)
 - iii. Tarefas relacionadas com o manuseamento dos equipamentos e das plataformas devido à sua elevada fragilidade. (H)
8. *É da opinião que a manutenção de UAS requiere infraestruturas próprias, diferentes daquelas que são normalmente utilizadas para a manutenção de aeronaves tripuladas? Se sim, especifique quais.*
 - a. Dois dos entrevistados responderam afirmativamente apontando:
 - i. Necessidade de bancadas próprias para a manutenção do UAS; (E)



- ii. Necessidade de bancadas de simulação com hardware no *loop*. (E)
9. *Se estivesse no papel de contratar colaboradores para manutenção de UAS que normalmente opera, quais as principais valências que procuraria?*
- a. Técnicos de eletrónica; (L)
 - b. Técnicos de informática; (L)
 - c. Técnicos de mecânica; (L)
 - d. Técnicos de materiais compósitos e estruturas; (L)
 - e. Aeromodelistas com experiência em construção; (L)
 - f. Ética; (L)
 - g. Atenção ao detalhe; (L)
 - h. Facilidade em aprender rapidamente novas valências; (L)
10. *Privilegia pessoal com competências transversais ou competências verticais?*
- a. Seis apontaram valências específicas, dois apontaram valências transversais, e três referiram que dependeria do estado de maturação do sistema. Para o caso de uma plataforma de teste seria preferível competências transversais, ao passo que para operação intensiva seria preferível competências verticais. (L)
11. *As categorias apresentadas pelo EMAR66 são suficientes para a manutenção de UAS (com eventuais adaptações pontuais nos currículos) ou veria como preferível a criação de categorias específicas para UAS?*
- a. Sete defendem que as categorias existentes são suficientes com eventuais adaptações de requisitos, os restantes vêm benefícios em criar uma categoria específica para UAS.



3. Modelo de base para os requisitos de conhecimento

Neste capítulo apresenta-se a teoria desenvolvida indutivamente no trabalho de investigação, nomeadamente as valências e tarefas para a manutenção permanente de UAS. A elaboração do modelo parte do pressuposto de que qualquer aeronave convencional poderá ser convertida num UAS. Como tal, os requisitos de conhecimento estabelecidos no EMAR 66 são considerados como necessários para UAS. Para consultar os requisitos preconizados pelo EMAR 66 ver a secção 2.1, em particular a Tabela 2.

A teoria é apresentada segundo uma análise SHELL, conjugando os resultados das entrevistas com os resultados obtidos por Hobbs e Herwitz (2006). Esta análise foi desenvolvida partindo das hipóteses preliminares H1 e H2 do modelo de análise, respetivamente as tarefas e valências específicas na manutenção de UAS.

- Software/Documentação
 - Verificação e manutenção do software de comando e controlo da estação de terra;
 - Verificação e manutenção do software de bordo;
 - Registo e análise de dados pós-missão;
 - Organização, documentação e doutrina (i.e. padrões e princípios de interoperabilidade) de manutenção do sistema e componentes;
 - Procedimento, rastreabilidade e registo de falhas, incidentes, intervenções e canibalizações;
 - Planeamento de manutenção preventiva de forma a reduzir a manutenção corretiva e à condição;
 - Informação sobre modos e taxas de falha de componentes;
 - Catalogação de componentes (*part numbers*);
 - Simulação com hardware em malha fechada (HIL)
- Hardware
 - Veículo
 - Plataformas de I&D com baixo nível de maturidade;
 - Heterogeneidade dos sistemas bem como a alteração frequente da sua configuração;
 - Volume reduzido para instalação de equipamentos;
 - Sensibilidade e fragilidade dos equipamentos, da estrutura e do subsistema de propulsão;



- Manutenção e alterações estruturais utilizando materiais compósitos;
- Avarias inopinadas de componentes críticos: *autopilot*, baterias, subsistemas de propulsão e de comunicações;
- Manutenção e avaliação de condição de baterias;
- Sistemas de propulsão não-convencionais;
- Interfaces entre *payload* e a restante plataforma;
- Manutenção de componentes específicos: paraquedas e sistemas *sense&avoid*;
- Condicionamento e transporte de equipamentos;
- Integração de componentes sem historial de operação.
- Estação de terra:
 - Manutenção de antenas, computadores e catapultas;
 - Condicionamento e transporte de equipamentos;
 - Verificação e manutenção dos sistemas de comando e controlo da estação de terra (hardware e sistemas de geração de energia).
- Fatores pessoais
 - Complacência devido ao facto de não existirem vidas a bordo;
 - Falta de experiência operacional (número de horas de voo e saídas);
 - Execução de análises pós-voo sem os reportes de um piloto a bordo;
 - Falta de separação entre equipas de operação e de manutenção;
 - Desconhecimento dos comportamentos em voo;
 - Valências transversais nas áreas de eletrónica, informática; mecânica; materiais compósitos e estruturas;
 - Conhecimentos de aeromodelismo com experiência em construção;
 - Ética;
 - Atenção ao detalhe;
 - Facilidade em aprender rapidamente novas valências;
 - Competências transversais para manutenção/operação de plataformas de I&D;
 - Competências verticais para manutenção/operação de plataformas com elevada carga operacional.
- Ambiente



- Plataformas são tipicamente armazenadas no interior o que facilita a sua manutenção;
- Mudança frequente dos locais e das condições meteorológicas onde se executa a manutenção bem como do pessoal que a desempenha;
- Necessidade de bancadas para a manutenção e simulação HIL;
- Manuseamento e armazenamento de combustíveis.

A análise SHELL evidencia os aspetos mais relevantes para a manutenção de UAS na opinião do universo de entrevistados neste trabalho e por Hobbs e Herwitz (2006). Contudo, como seria expectável, parte dos aspetos salientados são também aplicáveis à manutenção de aeronaves tripuladas. Uma análise transversal a todas as dimensões permite perceber que a especificidade na manutenção dos UAS em comparação com a manutenção de aeronaves convencionas reside em três aspetos:

1. a existência de uma componente de terra;
2. a dimensão reduzida das plataformas;
3. e a imaturidade dos sistemas e dos procedimentos.

De seguida analisa-se sucintamente cada um destes aspetos fazendo uso da análise SHELL acima efetuada. A componente de terra introduz diferenças estruturais permanentes entre a aeronáutica não-tripulada e tripulada. A sua manutenção implica intervenção ao nível da camada de aplicação de forma a executar tarefas de configuração, *update* e *upgrade* do software de comando e controlo, análise pós-missão e simulação com HIL. No que diz respeito a *hardware*, a estação de terra necessita de manutenção diferenciada ao nível dos sistemas de comunicação, e.g., antenas, plataformas guiamento, catapultas, computadores e sistemas de geração de energia. A sua manutenção necessita de conhecimentos fortes em informática e uma apetência para aprender novas valências devido à rápida evolução e mutação dos sistemas de comando e controlo.

Na opinião do presente autor, a dimensão das plataformas e a seu grau de maturidade pode ser encarado como uma base de análise para averiguar o grau de diferenciação entre manutenção de UAS e manutenção de aeronaves tripuladas. Este modelo de análise é apresentado de forma gráfica na Figura 2.



Figura 2 - Base de análise para diferenciação entre a manutenção de UAS e aeronaves tripuladas.

A dimensão reduzida das plataformas é um fator que se encontra na base de muitas das dificuldades identificadas na análise SHELL para a manutenção de UAS. O espaço reduzido é um aspeto várias vezes referido devido à dificuldade no manuseamento de equipamentos do veículo e *payload*. Outra consequência da dimensão reduzida é a fragilidade e sensibilidade dos equipamentos em comparação com os equipamentos equivalentes usados na aeronáutica convencional. Este fator é normalmente atenuado quanto maior for a dimensão do UAS, não devendo ser significativo para aeronaves de classe III, contudo essa análise sai fora do âmbito deste trabalho.

Por último, a imaturidade dos sistemas e dos procedimentos de manutenção e operação é um fator que se encontra presente de forma transversal a todas as dimensões em análise. Em termos estruturais, este fator denota-se na constante mudança de configuração, introduzindo novos componentes com reduzida ou mesmo ausência de testes em voo provisórios. Este fator evidencia-se também na escassa documentação para manutenção de sistemas e componentes, na falta de registo de falhas, incidentes, intervenções e canibalizações e na ausência de planos e doutrina de manutenção.

No que diz respeito aos fatores humanos, a imaturidade dos sistemas evidencia-se na falta de separação entre equipas de manutenção, no desconhecimento dos comportamentos em voo e na necessidade de colaboradores com valências transversais. É espectável que algumas destas dificuldades se atenuem ao longo que os UAS ganhem maturidade. Contudo, esta afirmação é conjectural uma vez que, como foi identificado na análise SHELL, existe uma certa complacência devido ao facto de não existirem vidas a bordo o que leva a que se



assumam riscos mais elevados nos desenvolvimentos em UAS e um tempo reduzido entre desenvolvimento e operação sem necessariamente comprometer a segurança (Weibel, 2005).

No capítulo 2 apresenta-se os módulos de conhecimento sugeridos por Hobbs e Herwitz como extensão ao FAR 147, documento homólogo ao EMAR 66 para os EUA. De seguida apresenta-se a proposta para a extensão dos módulos de conhecimento para o EMAR 66 resultante da análise SHELL realizada neste trabalho. Esta proposta foi desenvolvida partindo da hipótese preliminar H3 do modelo de análise.

1. Materiais compósitos;
2. Sistemas computacionais embebidos;
3. Sistema operativos;
4. Simulação com software e hardware no loop;
5. Interfaces de comando e controlo;
6. Sistemas de energia alternativos;
7. Manutenção de motores elétricos;
8. Redes de computadores;
9. Controlo remoto, telemetria e sistemas de seguimento automático;
10. Manutenção de baterias elétricas;
11. Sistemas auxiliares de descolagem e aterragem.

Alguns dos módulos de conhecimento sugeridos tratam aspetos abordados nos planos curriculares de módulos já presentes no EMAR 66. Contudo, sugere-se que estes conteúdos curriculares se tornem módulos de conhecimento individualizados tendo em conta a pertinência que estes evidenciaram quer na análise da literatura, quer nos resultados das entrevistas.

Um dos aspetos que se tentou aferir através deste estudo foi se haveria necessidade de criar uma nova categoria de manutenção específica para UAS no EMAR 66, tal como existe para aeronaves de asa fixa e asa rotativa. Os resultados obtidos a partir das entrevistas estruturadas foram inconclusivos neste aspeto. Os entrevistados não foram consensuais se haveria necessidade de criar uma nova categoria ou se seria suficiente a adaptação dos requisitos das categorias existentes. Uma categoria diferenciada para UAS com eventuais sub-categorias em função das classes de UAS poderia reduzir a carga de requisitos básicos.



Conclusões

Este capítulo tem como objetivo sintetizar o trabalho de investigação realizado. Inicia-se com uma breve explanação sobre o percurso metodológico seguido, analisando as principais dificuldades encontradas. Prossegue-se com uma análise crítica sobre os resultados obtidos tendo como base as perguntas e hipóteses formuladas no Capítulo 1. Segue-se a discussão dos principais contributos resultantes do trabalho de investigação, os seus pontos fortes e limitações bem como a sua aplicabilidade. Termina-se com uma reflexão sobre o grau de escalabilidade e generalização dos contributos e com algumas sugestões para trabalhos futuros.

A metodologia adotada para este trabalho de investigação seguiu uma estratégia qualitativa em que os dados foram analisados de forma indutiva. As fontes de dados foram os regulamentos para aeronavegabilidade, em particular o EMAR 66, os estudos de âmbito semelhante presentes na literatura, entre os quais se salienta o trabalho realizado por Hobbs e Herwitz (2006, 2008), e entrevistas estruturadas realizadas a pessoal com experiência na manutenção de UAS. A escolha do universo de entrevistados privilegiou a experiência na manutenção de UAS no seio da FAP de preferência com conhecimento na manutenção de aeronaves tripuladas.

Os dados recolhidos na literatura e através das entrevistas estruturadas foram analisados segundo o modelo conceptual SHELL – *software/documentation, hardware, environment, liveware* desenvolvido por Edwards (1977) para a análise do impacto dos fatores humanos em aviação e recomendado pela ICAO (1989). A análise SHELL permitiu recolher as tarefas e valências necessárias para a manutenção permanente de UAS bem como identificar quais destas tarefas e valências são específicas destes sistemas. A especificidade em termos de requisitos e valências básicas foi identificada diferencialmente em comparação com os requisitos preconizados no EMAR 66.

Partindo dessa especificidade é apresentada uma proposta de extensão dos conteúdos curriculares do EMAR 66 de forma a se tornar suficiente para a manutenção permanente de UAS. A principal dificuldade encontrada no percurso metodológico de investigação foi a identificação e recolha de dados para análise. A literatura é escassa em regulamentos e estudos sobre manutenção permanente de UAS. Por outro lado, a heterogeneidade dos sistemas leva a que os estudos fossem demasiado concretos e com pouco grau de generalização. Como tal optou-se por dar primazia a entrevistas a pessoal da FAP com experiência na manutenção de UAS.



Os resultados obtidos permitiram desenvolver uma teoria tendo em conta a pergunta de partida e as três perguntas derivadas formuladas no capítulo introdutório. A primeira pergunta derivada questiona se existem tarefas de manutenção específicas para UAS. De forma a dar resposta a esta pergunta criou-se um modelo genérico para um UAS, dividindo o sistema em diversos subsistemas, e.g. o veículo e a estação de terra. Foram identificadas várias tarefas originárias de três diferentes fatores: a existência de uma estação de terra; a dimensão reduzida dos UAS de classe inferior; e a imaturidade dos sistemas e procedimentos.

O primeiro fator é estruturalmente diferenciador comparando com a aeronáutica convencional. A estação de terra requer um conjunto de tarefas de manutenção específicas como por exemplo a manutenção do *software* de comando e controlo bem como dos sistemas de guiamento automático para antenas em terra.

A dimensão reduzida das plataformas influencia na fragilidade e sensibilidade dos componentes e da estrutura. Este fator é mais significativo quanto menor for a plataforma em estudo. Eventualmente poderia ser desprezível para UAS de classes III, contudo esta afirmação é conjectural pois os UAS de classe III não fazem parte do objeto de estudo.

Os entrevistados apontaram consensualmente a imaturidade dos sistemas e procedimentos como o fator mais diferenciador entre a manutenção de UAS e a manutenção de aeronaves tripuladas. A falta de documentação sobre programas e planos de manutenção de UAS, a falta de registos de avarias e alterações de configuração, e a imaturidade dos próprios sistemas, introduz dificuldades generalizadas e transversais quer na manutenção quer na operação destes sistemas. É expectável que esta imaturidade seja atenuada num futuro próximo, contudo, como refere Weibel (2005), a ausência de uma tripulação a bordo leva a que se assumam maior riscos e como tal é esperavel um nível de maturidade inferior à aeronáutica tripulada. Esta visão tem sido contrariada nos últimos anos devido ao esforço para a inserção de UAS em espaço aéreo não-segregado têm elevado os requisitos de aeronavegabilidade e conseqüentemente os níveis de maturidade dos sistemas (Dalamagkidis *et al.*, 2011).

A segunda pergunta derivada questiona sobre a necessidade de valências específicas para a manutenção de UAS. Esta pergunta foi respondida seguindo o modelo SHELL para análise dos fatores humanos em aviação e recomendado pelo ICAO. A existência de uma estação de terra e a imaturidade dos sistemas e procedimentos revelou-se também importante na análise das valências. A manutenção da estação de terra, em particular da estação de



comando e controlo, introduz a necessidade de conhecimentos nas áreas das interfaces gráficas de utilizador, sistemas operativos e redes de computadores. Por outro lado, a imaturidade dos sistemas leva à necessidade de pessoal com competências transversais de forma a responder de forma rápida e efetiva a situações imprevistas. A constante mutação e evolução dos UAS introduz também a necessidade de pessoal com uma grande capacidade de aprendizagem de novos conhecimentos.

Por fim, a terceira pergunta derivada questiona sobre quais as alterações a efetuar no EMAR 66 para que se adeque à manutenção de UAS. Para responder a esta pergunta, compilou-se a informação da análise SHELL numa proposta constituída por 11 módulos de conhecimento a adicionar ao EMAR 66.

Entre as matérias propostas salienta-se por exemplo a manutenção de estruturas em materiais compósitos. Esta não é necessariamente uma valência específica de UAS, contudo toma uma importância relativa elevada devido às estruturas dos UAS serem na sua maioria implementadas fazendo uso destes materiais.

São também evidentes os acréscimos de conhecimentos nas áreas da computação, nomeadamente nos sistemas computacionais embebidos, nos sistemas operativos, nas interfaces de comando e controlo e nas redes de computadores.

Apesar de não ter sido referenciado nas entrevistas, os sistemas alternativos de energia como por exemplo os painéis solares e as células de combustível são aspetos com importância evidenciada na através da análise da literatura.

Os sistemas auxiliares de descolagem e aterragem pretendem albergar os sistemas de catapulta, os paraquedas, os *airbags* e os sistemas de aterragem por rede ou fio de prumo.

O controlo remoto e telemetria pretende introduzir os fundamentos do controlo de veículos à distancia, dando enfoque nas principais dificuldades como os atrasos bem como os diversos níveis de controlo, i.e., controlo direto de superfícies, controlo por azimute, e controlo por *waypoint*.

Os principais contributos deste trabalho de investigação são a identificação das tarefas e valências necessárias para a manutenção permanente de UAS e a análise da especificidade dessas tarefas e valências em contraste com a manutenção na aeronáutica tripulada. Estes contributos estão limitados pela limitação do objeto em estudo e pelo universo de entrevistados.

No que diz respeito à primeira limitação, o objeto de estudo foi limitado a UAS de classe I e II devido à escassez de dados em UAS de classe III. Uma vez que a FAP manifesta



intenções de operar UAS de classe III (EMFA, 2013), esta limitação deve ser analisada com cuidado. Apesar do estudo recair na manutenção de UAS de classe I e II, algumas das considerações do estudo são extrapoláveis na totalidade para UAS de classe III, nomeadamente no que diz respeito à manutenção da componente de terra. Recordar-se que a presença de uma componente de terra é estruturalmente a principal diferença entre um UAS e uma aeronave tripulada.

O estudo permitiu também aferir que a diferenciação entre a manutenção de UAS e a manutenção de aeronaves tripuladas torna-se maior quanto menor for a dimensão do UAS. Isto deve-se ao fato dos componentes e a estrutura se tornarem mais frágeis e sensíveis. Como tal, e excluindo as tarefas relacionadas com a estação de terra, espera-se que a manutenção de UAS de classe III se aproxime da aeronáutica tripulada.

No que diz respeito à limitação do universo de entrevistados, a escolha recaiu no pessoal com experiência em manter UAS na FAP, em particular no CIDIFA/CIAFA. Apesar da experiência ser limitada a plataformas de I&D, existe uma operação acumulada de cerca de 700 horas de voo com pessoal dedicado para a operação e para a manutenção. Salienta-se que este grupo já efetuou vários exercícios conjuntos em ambiente marítimo, com requisitos elevados ao nível dos sistemas e a nível pessoal. Por outro lado, para aumentar a generalidade dos resultados, os dados recolhidos em entrevista foram combinados e analisados de forma a indutiva, considerando como base os resultados obtidos na literatura, nomeadamente por Hobbs e Herwitz (2006, 2008). Para tal foi preponderante o uso do modelo SHELL de forma a que os dados recolhidos no presente trabalho pudessem ser analisados conjuntamente com os resultados recolhidos através da análise da literatura.

Existem várias extensões possíveis ao trabalho realizado. Numa primeira instância, seria importante aumentar o universo de entrevistados e estender as fronteiras do objeto de investigação de forma a perceber o seu impacto nas conclusões derivadas do presente estudo. Um outro aspeto que seria interessante explorar com maior detalhe é a dependência na verticalidade das experiências e valências com o nível de maturidade do sistema. O presente estudo aponta para que quanto mais imaturo for um sistema mais transversal deverão ser as valências de quem o opera e mantém. Seria também interessante desenvolver de forma mais concreta um plano curricular para a manutenção de estações de terra, visto ser o aspeto estrutural mais diferenciador dos UAS.

Por fim, seria também interessante fazer um estudo aprofundado sobre a aeronavegabilidade permanente e continuada de UAS de pequenas dimensões. A



heterogeneidade destes sistemas, aliada à fragilidade e sensibilidade dos seus componentes e das estruturas torna a sua certificação e manutenção um desafio aparentemente diferente do que se verifica nas aeronaves tripuladas. A importância de endereçar estes sistemas pretende-se em primeiro lugar pelo recente esforço em permitir a sua utilização em espaço aéreo não-segregado, bem como as mais recentes demonstrações do uso de sistemas constituídos por equipas colaborativas de UAS de pequenas dimensões em substituição de sistemas de grandes dimensões.



Bibliografia

- AAN, 2013. Emissão de Licenças Especiais de Aeronavegabilidade para Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas. Alfragide: EMFA.
- AAN, 2014. Regulamento n°539/2014 – Regulamento de Base em Matéria de Aeronavegabilidade no Âmbito da Defesa Nacional. Alfragide: EMFA.
- Atkins, E., 2012, Intelligent Systems for Unmanned Aircraft Safety Certification. *In 50th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition* (p. 958).
- Bryman, A., 2012. *Social Research Methods*. 4th ed. s.l.:Oxford.
- Cook, S. P., 2011, Tailored airworthiness standards for unmanned aircraft systems, *in Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2011 IEEE/AIAA 30th*, pp.5A5-1-5A5-9
- Dalamagkidis, K., Valavanis, K.P. and Piegl, L.A., 2011. *On integrating unmanned aircraft systems into the national airspace system: issues, challenges, operational restrictions, certification, and recommendations* (Vol. 54). Springer Science & Business Media.
- Morgado, J., 2015. *Centro De Investigação Da Academia Da Força Aérea: Atividades de Investigação, Desenvolvimento & Inovação na área dos Sistemas Aéreos Autónomos Não-Tripulados*, Cidadania e Defesa n°53, AACDN: Lisboa.
- EMFA, 2013, Visão Estratégica para Sistemas de aeronaves Não Tripuladas, *MFA 500-12*, EMFA: Alfragide.
- EASA, 2009, *Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS)*, EASA: Cologne, Germany.
- EDA, 2014, *EMAR 66 – Military Aircraft Maintenance Licensing*, EDA: Belgium.
- Edwards, E., 1977. Automation in civil transport aircraft. *Applied Ergonomics*, 8(4), pp.194-198.
- EASA, 2014, *Certifying Staff – Part-66 - Revision March 2014*, EASA: Belgium
- Gonçalves, P., Sobral, J., Ferreira, L., 2014. Initial Maintenance Program Development Using Reliability Guidelines, *in proceedings of the International Applied Reliability Symposium*, ARS:Paris, França.



- Hobbs, A. e Herwitz, S. R., 2006. Human Challenges in the Maintenance of Unmanned Aircraft Systems, *FAA and NASA Report*.
- Hobbs, A. e Herwitz, S.R., 2008. Maintenance Challenges of Small Unmanned Aircraft Systems — A Human Factors Perspective: An Introductory Handbook. *Final Report to Federal Aviation Administration (FAA) under Inter-agency Agreement DTFA01 – 01-X-02045*. NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA.
- MAWA, 2012. *European Military Airworthiness Requirements (EMARs) Implementation Guidance Ed. 1*, EDA.
- ICAO, 1989. *Human Factors Digest No. 1 Fundamental Human Factors Concepts*, Circular 216-AN/131. Canada: International Civil Aviation Organization
- ICAO, 2014. *The Postal History of ICAO*. Montréal, Quebec, Canada: ICAO.
- Pereira, E., da Silva, P.M., Krainer, C., Kirsch, C.M., Morgado, J. and Sengupta, R., 2013. A Networked Robotic System and its Use in an Oil Spill Monitoring Exercise. In *Swarm at the Edge of the Cloud Workshop (ESWeek'13)*. Montreal, QC, Canada
- Purton, L., & Kourousis, K., 2013, Military airworthiness management frameworks: a critical review, in *3rd International Symposium on Aircraft Airworthiness, ISAA 2013*, *Procedia Engineering* 80, pp. 545 – 564
- Schock, P., 2014, *Civil Air Space Invaders – the integration of drones in comercial aviation*, Norton Rose Fulbright: Belgium
- Weibel, R. E., 2005. *Safety considerations for operation of different classes of unmanned aerial vehicles in the national airspace system* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).



Anexo A — Questionário realizado por Hobbs e Herwitz

1. *Provide a general description of vehicle and operations.*
2. *Who performs maintenance?*
3. *What are the key maintenance tasks? What are the key ground support tasks?*
4. *Are there maintenance tasks unique to unmanned aircraft? Are these tasks different to those in maintenance of RC aircraft?*
5. *Are there particular maintenance problems associated with your operation?*
6. *Are there any special maintenance facilities needed?*
7. *What qualifications, skills and training are needed to perform maintenance?
If you were advertising for a UAV maintenance person, what skills and experience would you look for?*



Apêndice A — Guião para entrevistas estruturadas

Considere um *Unmanned Aerial System (UAS)* como um sistema que composto pelos seguintes subsistemas:

- *Veículo*
 - *Plataforma (e.g. asa fixa, asa rotativa, VTOL),*
 - *Propulsão (e.g. motores a combustão, motores elétricos),*
 - *Energia (e.g. baterias, geradores, unidades de potência),*
 - *Cabelagens,*
 - *Navegação (e.g. piloto automático, GPS, sensores inerciais),*
 - *Computação (hardware e software),*
 - *Comunicação (e.g. transmissores, recetores, antenas),*
 - *Payload (e.g. cameras EO/IR, gimbal estabilizada),*
 - *Sistemas auxiliares de landing (e.g. paraquedas, airbag)*
- *Estação de terra*
 - *Comando e controlo do veículo aéreo e payload (hardware e software),*
 - *Comunicação (e.g. transmissores, recetores, antenas, sistemas automáticos de posicionamento de antenas),*
 - *Sistemas auxiliares de take-off/landing (e.g. catapultas, redes de aterragem)*

Considere também as seguintes classes de UAS:

- *Classe I - micro (peso/kg < 2), mini (2 < peso/kg < 20), small (peso/kg > 20)*
- *Classe II (150 <= peso/kg <= 600)*
- *Classe III (peso/kg > 600)*

Questões:

1. *Há quantos anos executa manutenção de UAS?*
2. *Quais as classe de UAS tem mantido e quais os tipos de subsistemas (pode utilizar a lista de componentes acima)*
3. *Quais os principais problemas/desafios de manutenção que enfrenta na sua operação?*
4. *Detém experiência na manutenção de sistemas RC previamente à sua experiência na manutenção de UAS? Se sim, quais as principais diferenças/dificuldades que sentiu na transição para UAS?*



5. *Tem alguma certificação, formação ou experiência na manutenção de aeronaves tripuladas? Se sim, qual a classe de manutenção ou certificação equivalente?*

Categoria A - mecânico de manutenção de linha

A1 - asa fixa a turbina

A2 - asa fixa a pistão

A3 - asa rotativa a turbina

A4 - asa rotativa a pistão

Categoria B1 - Técnico de manutenção de mecânica

B1.1 - asa fixa a turbina

B1.2 - asa fixa a pistão

B1.3 - asa rotativa a turbina

B1.4 - asa rotativa a pistão

Categoria B2 - Técnico de manutenção de aviônicos

Categoria C - Engenheiro de manutenção de base

Categoria: _____, outro tipo de certificação, formação, ou experiência: _____

6. *Se respondeu positivamente à pergunta anterior, quais as principais diferenças/dificuldades que sentiu na transição para UAS?*
7. *Da sua experiência e conhecimentos acha que existem tarefas de manutenção específicas para UAS? Se sim, descreva quais essas tarefas.*
8. *É da opinião que a manutenção de UAS requiere infraestruturas próprias, diferentes daquelas que são normalmente utilizadas para a manutenção de aeronaves tripuladas? Se sim, especifique quais.*
9. *Se estivesse no papel de contratar colaboradores para manutenção de UAS que normalmente opera, quais as principais valências que procuraria?*
10. *Considere que necessita de contratar pessoal de manutenção para o seu sistema UAS. Preferia contratar um colaborador com experiencia transversal na manutenção de UAS ou vários colaboradores com experiências específicas nos subsistemas que necessita manter mas sem experiência na manutenção de um UAS como um todo?*
11. *Tendo em conta as categorias de manutenção de aeronaves tripuladas acima descritas, é da opinião que estas são suficientes para a manutenção de UAS*



(com eventuais adaptações pontuais nos currículos) ou veria como preferível a criação de categorias específicas para UAS (tal como acontece por exemplo entre aeronaves de asa fixa e rotativa)?



Apêndice B — Resultado das entrevistas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Maj. Santos	nr	nr	nr	nr	TMMA	nr	não	não	Motores e eletrônica	Valências específicas	Categorias suficientes. Adicionar formação em materiais compósitos
Maj. Gonçalves	4	classe I: mini, small. Manutenção e fiabilidade gerais. Motores, estrutura, componentes mecânicos.	falta de experiência operacional (número de voos e horas de voo); desconhecimento dos comportamentos em voo; inexistência de um plano de manutenção preventiva; manutenção principalmente a nível corretivo; elevado número de avarias inopinadas.	não	Não tem certificação; licenciada e doutoranda em eng. mecânica na área de manutenção e fiabilidade; experiência em manutenção de aeronaves tripuladas - EH-101	Organização da manutenção; dificuldade de efetuar rastreabilidade e o controlo da manutenção.	Não. Apenas existe necessidade de um maior cuidado derivado das dimensões e fragilidade dos equipamentos.	Não	mecânica; eletrônica; aviônica; computadores; ética do utilizador.	valências específicas que sejam complementares	Apesar de em termos genéricos as tarefas de manutenção de aeronaves tripuladas e não-tripuladas serem iguais, seria benéfico criar uma categoria própria para UAS. Não seria necessário criar subcategorias pois os sistemas mecânicos, eletrônicos e aviônicos são mais correlacionados.
Cap. Caetano	7	classe I: mini, small. Manutenção e fiabilidade gerais. Motores, estrutura, componentes mecânicos.	Falta de manuais e instruções do fabricante; Possível inadequação da formação as tarefas a desempenhar.	não	não	nr	sim: Manutenção e reparação da estrutura; Manutenção do subsistema de propulsão; Tarefas realizadas à condição, sem previsão de tempos de substituição; Tarefas associadas à verificação e manutenção dos sistemas de comunicação	não	A nível mecânico: valências de reparação de materiais compósitos; conhecimentos de comportamento mecânico dos materiais (vibrações, amortecimento, frequências naturais); motores de convencionais (pistão) até 240cc, mono e bi-cilíndricos. A nível elétrico/eletrónico: conhecimentos em eletrônica, transístor, relé, telecomunicações,	Ambos, dependendo da posição ocupada. Colaborador 'transversal' para operação e linha da frente; Colaborador 'específico' para <i>troubleshooting</i> , manutenção 2 e 3 escalão.	As que existem são suficientes para a manutenção de UAS exceto as competências em materiais compósitos e motores convencionais. Contudo, a manutenção deve ser feita segundo ordem técnica / manual fabricante, atualmente em falta. Sou da opinião que esta é a maior lacuna de momento, não se justificando a criação de novas categorias.



							com solo e estação de terra, e.g. informática, aviónica, geradores de terra.		interferometria, energia (e.g. <i>grounding</i> , <i>shielding</i>).		
Cap. Oliveira	6	<p>classe I: mini, small.</p> <p>Manutenção e fiabilidade gerais.</p> <p>Motores, estrutura, componentes mecânicos.</p>	<p>Plataformas de I&D: falta de planeamento anual das operações não permite calendarizar ações de integração de componentes e de manutenção;</p> <p>Solicitações de integração de equipamentos inopinadas e em muito curto prazo;</p> <p>Falta de procedimentos e documentação para intervenção nas aeronaves: alterações nos sistemas não são documentadas;</p> <p>Constante canibalização de subsistemas (e.g. sensores EO, gimbal, transponder) de aeronaves operacionais para outras devido a requisitos inopinados de operação;</p> <p>Esta constante alteração de configuração e a</p>	não	não	nr	não responde por falta de experiência em aeronaves tripuladas.	não responde por falta de experiência em aeronaves tripuladas.	<p>Eletrónica;</p> <p>Materiais compósitos;</p> <p>Estruturas;</p> <p>Motores.</p>	<p>Preferencialmente valências específicas com conhecimentos básicos a nível de eletrónica visto ser transversal a praticamente todos os subsistemas.</p>	<p>As que existem são suficientes para a manutenção de UAS</p>



			falta de documentação e procedimentos remete uma elevada responsabilidade para verificações pré-voo e na manutenção "à condição".								
Cap. Cruz	5	classe I - mini e small. Veiculo - Energia, cablagens, navegação, computação, comunicação e payload Estação de terra - c2 e comunicação.	Manutenção de plataformas para I&D: grau de maturidade tecnológica relativamente baixo; configurações alteradas com frequência; integração de equipamentos novos sem historial de operação e manutenção; difícil estabelecimento de planos de manutenção para cada configuração; heterogeneidade das plataformas (mesmo dentro da mesma gama) implicando equipamentos e procedimentos diferentes para cada avião; manutenção efetuada em diferentes locais	não	não	nr	Tarefas de manutenção aparentemente semelhantes. Salienta a sua inexperiência em manutenção de aeronaves tripuladas.	não	Por ordem de importância: Elevados conhecimentos técnicos na sua área específica; capacidade de analisar e resolver problemas com metodologias apropriadas; capacidade de trabalhar em equipa; conhecimentos sobre aviões RC; conhecimentos genéricos (no mínimo) sobre as áreas fora da sua especialidade.	Valências transversais para o caso a finalidade fosse desenvolvimento e teste; Valências específicas para o caso a finalidade fosse operação intensiva;	manter categorias com eventuais adaptações nos conteúdos.



			dependendo dos locais de operação e nem sempre pelo mesmo pessoal de manutenção.								
SCh. Santos	5	classe I - mini e small; classe II Veículo - Propulsão, energia, cabelagem, navegação, computação, comunicações, payload. Estação de terra - comando e controlo, comunicação	Falta de espaço na plataforma; Falta de manuais.	não	A1, A2, B2	O tamanho. Falta de espaço nos UAS	não	não	Motores e eletrônica	Valências específicas	Categorias suficientes. Adicionar formação em materiais compósitos e software de controlo.
SAj. Teixeira	7	classe I - mini e small; Plataforma; Propulsão	Falta de um plano de manutenção para plataforma e motores derivada à falta de histórico	Sim. Dificuldade de lidar com os sistemas eletrónicos.	B1.1, B1.2, PPL(A)	Lidar com emergências próprias do sistema	Sim, maior cuidado no manuseamento dos componentes devido à sua fragilidade e menor escala.	não	Mecânica; Eletrónica; Aeromodelismo.	Valências transversais.	Criar categorias específicas para UAS para as diversas configurações de asas e propulsão.
SAj. Gomes	7	classe I - mini e small; Plataforma; Propulsão	Diversidade de plataformas; Plataformas de teste (não otimizadas); Falta de histórico de manutenção e avarias; Motores diferentes e falta de informação dos fabricantes.	não	A1, A2, B1.1, B1.2	Falta de um plano de manutenção derivado a serem plataformas de teste; Nas aeronaves tripuladas cada técnico trabalha na sua área, ao passo que nos UAS teve de aprender conceitos novos	A diversidade e fragilidade das baterias no seu carregamento e manutenção; Cuidados acrescidos tendo em conta à alimentação dos sistemas a bordo durante o voo; Fragilidade e especificidade dos motores;	Necessidade de bancadas de trabalho apropriadas.	Técnicos de eletrónica; Técnicos de informática; Técnicos de mecânica; Técnicos de materiais compósitos; Aeromodelistas com experiência em construção.	Valências específicas	Criar categorias específicas para UAS para as diversas configurações de asas e propulsão.



						de eletrónica e sistemas elétricos.	Fragilidade das plataformas.					
SAj. Mendes	5	classe I - mini e small; classe II Plataforma; Propulsão; sistemas auxiliares de <i>landing</i> e take-off	Volume reduzido das plataformas para o equipamento a instalar; Falta de manuais específicos (mecânica).	Sim, tamanho e monitorização das plataformas	não	nr	não	não	bons conhecimentos de estruturas	Valências específicas	Categorias suficientes. Adicionar formação em materiais compósitos e software de controlo.	
SAj. Fernandes	7	classe I - mini e small; Veículo - Computação; Payload; Estação de terra - Comando e controlo do veículo e payload (software) Comunicação	Falta de planos de manutenção devido ao material usado (motores, servos, e plataformas) não ter dados de manutenção fornecidos pelos fabricantes.	Sim, especificidade na manutenção de UAS e a qualidade exigidas nas reparações/manutenções	não	nr	Escala e sensibilidade dos equipamentos	não, desde que estejam satisfeitas as necessidades de escala e sensibilidade dos UAS	conhecimentos de mecânica, eletrónica e aeromodelismo	Valências específicas	Criar categorias específicas para UAS para os diversos tipos de propulsão (elétrico e combustão).	
Hao Chen	3	Classe I - mini	Os sistemas com que tenho trabalhado não foram projetados com manutenção em mente, pelo que os protocolos e planos de manutenção têm sido desenvolvidos ao longo do tempo.	Sim. A maior diferença prende-se com o facto de UAS necessitarem de manutenção preditiva ao passo que os modelos RC são mantidos apenas após os problemas terem acontecido.	não	nr	Sim, os sistemas de software em UAS sofrem atualizações a um ritmo muito mais elevado visto que o rácio benefício-risco em UAS é muito mais elevado.	Infraestruturas para verificação com hardware no <i>loop</i> podem ser utilizadas de forma expedita, introduzindo uma nova camada para verificação do aprontamento dos sistemas.	atenção ao detalhe; capacidade de aprender rapidamente novas valências de forma a responder às rápidas mudanças dos procedimentos de operação.	Valências horizontais. A minha opinião é que os sistemas devem ser projetados de forma a serem de fácil manutenção, levando a que o pessoal de manutenção não tenha que ser um perito numa determinada área.	Partindo do ponto que os sistemas são desenhados para serem <i>plug-and-play</i> , as categorias definidas para aviação convencional devem ser suficientes.	