

**Dinâmicas de inovação na indústria aeronáutica: impacto na
manutenção**

Francisco João Amaral Matos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores: Prof. António Miguel Areias Dias Amaral

Prof^a. Joana Serra da Luz Mendonça

Júri

Presidente: Prof. Rui Miguel Loureiro Nobre Baptista

Orientadora: Prof^a. Joana Serra da Luz Mendonça

Vogal: Doutor Nuno Miguel da Silva Melo Ferreira

Novembro 2016

Resumo

O projeto de dissertação tem como objetivo o estudo das dinâmicas de inovação, no sector da manutenção aeronáutica, utilizando Portugal como estudo de caso e integrando-o no contexto internacional. Neste tipo de sector, onde a sua atividade estratégica a nível tecnológico, comercial e industrial tem uma grande importância, existe a necessidade de um estudo sobre esta vertente, nomeadamente devido à importância que a inovação continua a ter na indústria aeronáutica, produzindo produtos de alta tecnologia e com um amplo e variado campo de aplicação. Embora seja um sector de alta intensidade tecnológica, a indústria aeronáutica, atualmente, introduz novas tecnologias a um ritmo mais lento. No entanto, existe uma necessidade permanente de avanço e melhoria para dar resposta, por exemplo, aos crescentes requisitos de diminuição do impacto ambiental.

É estudado o sector aeronáutico utilizando como base o caso de um país como Portugal, com uma atividade baseada sobretudo em manutenção e num contexto de seguidor na adaptação de novas tecnologias. Para a elaboração deste estudo, utiliza-se uma abordagem metodológica mista, recorrendo a fontes e análises de dados quantitativos, e ao levantamento de informação qualitativa através de entrevistas a empresas relevantes, quer de manutenção, quer de fornecedores, assim como à análise de dados externos.

A análise de dados permite-nos concluir que a prioridade passará por acrescentar valor e formar relações fortes de cooperação entre os diversos grupos presentes neste sector, apostando em parcerias e no desenvolvimento de propostas através de programas europeus. O desenvolvimento e projeção da oferta portuguesa no sector aeronáutico deve estar centrada na formação de consórcios, de modo a alcançar e reforçar a capacidade inovadora e a vantagem competitiva. Uma vez que a margem para criatividade neste sector é limitada, através deste estudo concluiu-se também que as alterações ou adaptações que tiveram maior impacto na manutenção encontram-se relacionadas, sobretudo, com a introdução de novos materiais (estruturas em compósitos), de novos métodos de ensaio, filosofias (modulares) e a vontade de mudar os paradigmas existentes (manutenção 'curativa' para manutenção preventiva) e concentrar as atenções em diferentes conceitos que até hoje não tinham sido pensados ou criados, como conceitos como a reformulação de toda a cadeia de valor de uma MRO ou o foco em torno do passageiro. Juntamente com os ideais já definidos em diminuir o impacto ambiental, ruído, poluição, etc., estes novos conceitos irão originar o desenvolvimento e possivelmente a criação e implementação de conceitos radicais, possivelmente à base de estruturas biomiméticas com o auxílio de tecnologias como a manufatura aditiva, podendo acontecer o caso de surgir um novo *design* dominante.

Palavras-chave: Dinâmicas de inovação, Indústria aeronáutica, Manutenção, Desenvolvimento e Inovação, Adaptação tecnológica.

Abstract

This dissertation aims to study the innovation dynamics in the aeronautic maintenance sector, using Portugal as a case study and integrating it in the international context. This is strategic sector, where innovation plays an important role, that needs to be understood at technological, commercial and industrial level, given the impulse that innovation to have in the aeronautic industry, producing high technology products with a wide and varied field of application. Although a high tech industry, the aeronautics industry does not introduce new technologies as quickly as it once did. Nevertheless, there is a need for advancement and improvement due to current trends in aircraft development with minimal environmental impact, leading to new technological processes.

The study will focus on Portugal, which can be characterized as a follower in the adoption of new technologies, and where the aeronautics sector is mainly based on maintenance. To develop this study, a mixed methodology will be used, using quantitative data analysis, and qualitative information – through interviews with relevant maintenance or supplier companies.

Analysing the data, we conclude that the priority will be to add value and build strong relations of cooperation between the various groups present in this sector, focusing on partnerships and developing proposals through European programs. The development and projection of the Portuguese offer in the aviation sector should be focused on the formation of consortia, in order to achieve and enhance the innovative capability and competitive advantage. In addition, this study concluded that changes or adjustments that had the greatest impact on maintenance are related mainly to the introduction of new materials (composite structures), new test methods, philosophies (modular) and the will to change the existing paradigms ('curative' maintenance for preventive maintenance) and focus attention on different concepts that until now had not been thought of or created. Concepts such as the redesign of the entire value chain of an MRO (Maintenance, Repair and Operations) or focus around the passenger will probably be lead technology introduction in the future. Along with the ideals already set to decrease the environmental impact, noise, pollution, these new concepts will lead the development and possibly the creation and implementation of radical concepts, based on biomimetic structures with the assistance of technologies such as manufacturing additive, which may lead to a new technological cycle and the establishment of a new dominant design.

Keywords: Dynamics of innovation, Aeronautic industry, Maintenance, Development and Innovation, Technological adaptation.

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer à Professora Joana Mendonça por ter proporcionado este desafio, pela confiança e, acima de tudo, pelos conhecimentos e experiência adquiridos, assim como por todo o apoio, disponibilidade e orientação ao longo deste trabalho.

Quero também agradecer ao Professor Miguel Amaral pela disponibilidade, apoio e compreensão ao longo de todo o processo, assim como pelo tempo despendido e conhecimentos transmitidos.

Um obrigado especial a todos os entrevistados pela preciosa ajuda, pela paciência e disponibilidade com que me ajudaram a realizar este trabalho, mostrando uma enorme dedicação e empenho e transmitindo-me conhecimentos e experiência que será muito útil no meu futuro profissional.

Finalmente, gostaria também de agradecer aos meus pais pelo esforço e por me terem sempre apoiado e ajudado ao longo curso, à Cláudia pela paciência e apoio e a todos os meus amigos e familiares que de uma forma ou de outra sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado, não só durante a elaboração da tese, mas também durante todo o percurso académico e pessoal.

Índice

Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Agradecimentos.....	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	ix
Acrónimos.....	x
1. Introdução.....	1
2. Definição do Problema.....	4
3. Revisão da Literatura.....	8
3.1. Inovação.....	8
3.2. Dinâmicas de Inovação.....	10
3.3. Produtos e Sistemas Complexos.....	17
3.4. Gestão da Tecnologia e Inovação.....	18
3.5. Manutenção.....	20
4. Metodologia de Investigação.....	24
5. Discussão de Resultados.....	27
5.1. Indústria.....	28
5.2. Manutenção.....	31
5.2.1. Relação com o fabricante.....	31
5.2.2. Reparar vs Descartar.....	32
5.2.3. Impacto e esforço na adaptação de novas tecnologias.....	34
5.2.4. Formação.....	37
5.3. Inovação.....	38
5.3.1. Desenvolvimento de novos produtos.....	38
5.3.2. Inovação em Centros de Manutenção.....	41
5.3.3. Integração de tecnologias.....	42
5.3.4. Desafios.....	43
5.4. Futuro.....	44
5.4.1. Desenvolvimento da indústria aeronáutica em Portugal.....	44
5.4.2. Tendências e perspectivas futuras.....	47
6. Conclusões.....	54
6.1. Estudos futuros.....	56
Referências Bibliográficas.....	57
Anexos.....	61

Anexo A.....	61
Anexo B.....	62
Anexo C.....	63
Anexo D.....	64
Anexo E.....	67
Anexo F.....	68

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo de vida de um programa aeronáutico civil	5
Figura 2 - Comparação da fisionomia entre uma aeronave de 1954 com uma aeronave de 1991.....	10
Figura 3 - As 3 fases de inovação segundo Utterback	11
Figura 4 – Representação dos lead users segundo von Hippel	16
Figura 5 - Ondas de desenvolvimento tecnológico	18
Figura 6 - Demonstração da cadeia de interações realizada neste estudo através do método de amostragem em ‘Bola de Neve’	27
Figura 7 - Representação das abordagens a ter em conta para um fornecedor de serviços ao entrar no mercado da indústria aeronáutica.	29
Figura 8 - Comparação entre a manufatura aditiva e os métodos convencionais relativamente ao tempo de reação, lead time, custo e peso	47
Figura 9 - Exemplo de uma peça de suporte produzida através de manufatura aditiva e com um design biomimético em comparação com uma peça pelos métodos convencionais.....	48
Figura 10 - Aeronave projetada segundo designs biomiméticos	49
Figura 11 - Trem de aterragem em fibra de carbono	50
Figura 12 - Utilização da tecnologia de realidade aumentada para auxiliar as tarefas de manutenção	51
Figura 13 - Tenda insuflável para manutenção exterior de motores	51

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Lista de Entrevistados.....	26
Tabela 2 - Dados recolhidos de entrevistados de Centros de Manutenção sobre as alterações/ adaptações, esforços e impacto da inovação na manutenção	35
Tabela 3 - Dados recolhidos de entrevistados sobre a linha de desenvolvimento futura e os objetivos de um país como Portugal na Indústria Aeronáutica	46

Acrónimos

ALM – *Additive Layer Manufacturing*

CE – Comissão Europeia

CoPS – *Complex Products and Systems*

CORDIS – *Community Research and Development Information Service*

DOA - *Design Organisation Approval*

EASA – *European Aviation Safety Agency*

GSE - *Ground Support Equipment*

GTI – Gestão da Tecnologia e Inovação

IATA – *International Air Transport Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

IDI – Investigação, Desenvolvimento e Inovação

I&D – Investigação e Desenvolvimento

LTS – *Link-Tracing Sampling*

MRO – *Maintenance, Repair, and Operations*

MSG - *Maintenance Steering Group*

OCDE – Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico

OEM – *Original Equipment Manufacturer*

PME – Pequenas e Médias Empresas

QCD – *Quality, Cost and Delivery*

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RFID – *Radio-Frequency Identification*

SHM – *Structural Health Monitoring*

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

UE – União Europeia

VANT – Veículos Aéreos Não Tripulados

1. Introdução

Este trabalho estuda as dinâmicas de inovação na indústria aeronáutica, analisando o sector da manutenção e utilizando Portugal como estudo de caso, integrando-o no contexto internacional.

A indústria aeronáutica é muito importante para a economia e é considerada de grande interesse estratégico devido ao desenvolvimento de sistemas de segurança e ao desenvolvimento socioeconómico que proporciona (INTELI, 2005; Oliveira & Paulino, 2008). Caracteriza-se por uma grande complexidade tecnológica, sendo considerado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) como um sector de elevada intensidade tecnológica e valor acrescentado, com um alto nível de inovação e impulsor de tecnologias para outros sectores industriais (Caetano, 2012).

Também do ponto de vista do desenvolvimento tecnológico e da geração de empregos qualificados, o sector aeronáutico é considerado estratégico, figurando como um sector condicionado pela internacionalização da produção e do desenvolvimento tecnológico, sendo prioritário nas políticas públicas direccionadas ao desenvolvimento industrial e à inovação tecnológica (Oliveira & Paulino, 2008). No entanto, ao longo dos últimos anos o enquadramento da indústria aeronáutica mundial tem vindo a sofrer alterações substanciais, uma vez que depende fortemente do contexto e da situação geopolítica global e regional, sofrendo com as alterações extremas como a globalização, abertura do Ocidente aos países asiáticos, crescimento económico acentuado de certas zonas do globo, ameaças terroristas, entre outros (INTELI, 2005).

Embora seja um sector de alta intensidade tecnológica, a indústria aeronáutica atualmente não introduz novas tecnologias com a mesma rapidez de há umas décadas atrás (Flightpath 2050, 2011). O desenvolvimento de novos produtos neste tipo de sector é caracterizado por longos períodos de Investigação e Desenvolvimento (I&D), podendo estes ciclos longos (pode chegar a uma década) influenciar as estratégias de médio/ longo prazo desde o investimento inicial até ao retorno financeiro (INTELI, 2005). A Europa está a entrar numa nova era onde se depara com desafios como a globalização, sistemas financeiros a precisar de reforma, mudanças climáticas e uma escassez crescente de recursos, que afetam diretamente o sistema de transporte aéreo (Flightpath 2050, 2011). Assim, existe uma necessidade de reagir no sentido de reduzir os custos através de aumentos de eficiência ou exercendo uma maior pressão sobre os fornecedores para redução dos preços praticados e aceitação de novos termos contratuais. (INTELI, 2005).

Como outros sectores, também a indústria aeronáutica sente os efeitos da globalização, da entrada de novos concorrentes, novos mercados e a necessidade de inovar. Deste modo, a investigação e a inovação tornam-se fundamentais para manter a capacidade e competitividade, sendo necessário olhar cada vez mais para este sector com uma visão a longo prazo (Flightpath 2050, 2011). O termo inovação implica a combinação de novas maneiras para projetar ou produzir um tipo de configuração de um determinado produto ainda não previamente conhecido. A inovação, neste sentido, inclui tanto o conceito de uma nova mudança tecnológica, como também alguma novidade ou mudança difundida na economia que passa a ser adotada por uma empresa (Narayanan, 2001).

Na aviação comercial, foram adicionados novos desafios à manutenção, obrigando ao desenvolvimento de métodos preventivos, uma vez que raramente é possível a reparação durante o voo. A partir das últimas décadas, com o aparecimento das linhas de produção, a manutenção deixou de ser uma simples atividade de reparo e tornou-se um meio essencial ao alcance dos objetivos e metas da organização, pois a paragem ou a perda dos equipamentos começou a ter um grande impacto no custo final (Knotts, 1999). Com a evolução dos equipamentos e a diversidade dos ativos físicos, a manutenção tornou-se igualmente complexa, levando ao desenvolvimento de novas técnicas, ferramentas de gestão modernas e abordagens inovadoras da organização e da estratégia de manutenção (*Ibid.*).

Por outro lado, o sector da manutenção serve por vezes como forma de entrar no sector, permitindo ganhar as competências e capacidades necessárias à produção e fornecimento de peças. Deste modo, a manutenção é uma parte do sector onde existe interesse em analisar no que se refere à integração e adaptação da evolução tecnológica, devido ao facto de as atividades de manutenção aeronáutica formarem uma parte essencial da capacidade de uma aeronave realizar um voo seguro (*Ibid.*). Assim, conseguem o objetivo de prover a total condição de serviço para as aeronaves, tanto na área de civil quanto na militar, no momento em que um operador solicita, com a qualidade esperada e com o mínimo custo (*Ibid.*).

Como este sector possui uma grande importância, devido à sua atividade estratégica, do ponto de vista industrial, comercial e tecnológico, existe a necessidade de estudo sobre as dinâmicas de inovação que continuam a impulsionar esta indústria a produzir produtos de alta tecnologia e com um amplo e variado campo de aplicação (Santos, 2013). Como as ciências e as tecnologias possuem um carácter multidisciplinar, um país da dimensão de Portugal que tem aspiração a um maior desenvolvimento científico, tecnológico e industrial, terá toda a vantagem em participar em programas e projetos de cooperação com outros países mais desenvolvidos (*Ibid.*).

Uma vez que a ciência e tecnologia constituem fatores essenciais para a evolução e crescimento de Portugal em superar novos desafios, o desenvolvimento económico conseguido através destes fatores, traduz-se em benefícios ao nível de novos conhecimentos científicos e tecnológicos, com a utilização de novas tecnologias na modernização de setores tradicionais e de setores que apresentem perspectivas de crescimento (*Ibid.*).

Portugal continua a percorrer o trajeto típico de desenvolvimento industrial aeronáutico, focando-se em atividades de menor valor acrescentado. Este trajeto começou através da manutenção e revisão de aeronaves, evoluindo para atividades de montagem, subcontratação, coprodução e produção sob licença. O passo seguinte consiste no desenvolvimento e produção de um componente, sistema ou até mesmo de uma aeronave, estando atualmente a ser implementado através de várias entidades nacionais, de modo a criar um *cluster* aeronáutico em Portugal (*Ibid.*). Através deste agrupamento de entidades, consegue-se alcançar e reforçar uma vantagem competitiva, acrescentando valor e formando inter-relações fortes entre diversos grupos presentes neste sector (Porter, 1990).

No entanto, é nas dinâmicas de inovação deste sector que surgem os principais desafios, principalmente em pequenos países como Portugal, onde a aposta em estabelecer uma indústria aeronáutica competitiva apresenta riscos financeiros e de desenvolvimento, sendo o principal a dificuldade em obter retorno do capital investido (ECORY, 2009).

O principal objetivo deste trabalho é estudar as dinâmicas de inovação na indústria aeronáutica, analisando o sector da manutenção (*'after market'*) utilizando o estudo de caso de Portugal, como país com uma indústria aeronáutica pouco desenvolvida. Num contexto de adaptação ao desenvolvimento tecnológico, mas integrado num contexto internacional, espera-se desta forma, que este estudo possa gerar resultados com impacto em países com uma estrutura semelhante.

É através desta evolução nas dinâmicas da inovação no sector aeronáutico, que ao estudar o comportamento do sector da manutenção poderemos analisar como é que se adapta e qual o impacto que daí resulta. Procura-se saber como é que a inovação ocorre. Se através de falhas organizacionais e de gestão, processos de comunicação, de tomada de decisão, implementação e avaliação, ou de sistemas ineficazes de monitorização e regulação ineficiente (McDonald, Corrigan, Daily, & Cromie, 2000); se a inovação acontece mais nas empresas em que a manutenção é uma atividade de suporte à competência principal e essencial da organização (Prahalad & Hamel, 1990); ou é uma função estratégica de suporte aos negócios (Pintelon, Kumar, & Vereecke, 2006).

Também se pretende analisar a integração e adaptação de novas tecnologias do ponto de vista da manutenção. Utilizando como base o caso de um país como Portugal, será estudado um sector aeronáutico residual, com uma atividade baseada sobretudo em manutenção, e num contexto de seguidor na adaptação a novas tecnologias.

O presente trabalho encontra-se organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Define o problema em estudo, apresentando algumas situações e problemas existentes no setor, assim como breves informações de contextualização sobre o desenvolvimento e evolução de alguns desses fatores.
- Capítulo 3 – Procura sustentar a pesquisa científica, conhecendo abordagens e análises efetuadas, identificando os principais fatores do problema em estudo.
- Capítulo 4 – Aborda os métodos de investigação realizados e procura também expor uma análise breve de cada método, assim como explicar a razão da sua utilização.
- Capítulo 5 – Serão discutidos os resultados obtidos ao longo do processo de estudo, seguindo a estrutura do guião de entrevista em 4 áreas diferentes: indústria, manutenção, inovação e futuro.
- Capítulo 6 – Encerra o presente trabalho, apresentando as conclusões obtidas durante a elaboração do mesmo e indicando possíveis estudos ou análises futuras em determinadas áreas da indústria aeronáutica.

2. Definição do Problema

A indústria aeronáutica depara-se com alguns fatores e desafios que, de certa forma, a caracterizam. É necessário entender as barreiras que se encontram presentes e ter em conta a importância do avanço tecnológico, que é tido como um dos fatores para melhorar a competitividade (Yazan, 2013).

Com a evolução da inovação tecnológica na indústria aeronáutica, principalmente no início da década de 1930 durante a 'era de ouro' da aviação, surgiram melhorias técnicas que possibilitaram a construção de aviões com dimensões maiores e que podiam percorrer distâncias mais longas a uma altitude e velocidade superior, podendo deste modo carregar mais carga e passageiros (Ferreira Filho, 2014). Apesar da cultura bastante conservadora do sector aeronáutico, resultante sobretudo dos riscos associados às mudanças nas aeronaves, o avanço tecnológico é tido como um fator chave para o aumento da competitividade (Yazan, 2013). Exemplo de inovação radical no sector foi a mudança de alumínio para materiais compósitos, cuja introdução demorou cerca de 20 anos, desde as primeiras abordagens em aviões militares, até à sua introdução nos aviões comerciais. Além de inovações ao nível da fuselagem, também a propulsão a jato, corresponde a uma das inovações mais importantes nos primeiros 100 anos da indústria aeronáutica. Através do desenvolvimento da turbina a jato, juntamente com a implementação de cabines pressurizadas alcançou-se um marco importante que, de certa maneira, revolucionou a indústria (Ferreira Filho, 2014).

Com o crescimento do setor aeronáutico, além do aparecimento de companhias aéreas ligadas à aviação comercial, surgiram empresas ligadas ao fabrico de aeronaves, existindo também empresas focadas apenas em peças ou componentes específicos, assim como equipamento e ferramentas necessárias para a construção e reparação de aeronaves. Através deste crescimento, o setor aeronáutico começou a ter cada vez mais relevância, começando a ter alguma influência na economia dos países (Ferreira Filho, 2014).

Como pode ser observado pela Figura 1, a inovação neste tipo de indústria é dispendiosa e encontra-se associada a uma I&D intensa, com um período de tempo longo e riscos tecnológicos e financeiros elevados. O alto nível tecnológico das configurações de aeronaves atuais e a sua tecnologia subjacente implica que qualquer ligeira melhoria tecnológica seja obtida através de um grande esforço, aumentando acentuadamente os custos finais da aeronave. Deste modo, existe um risco muito alto para um posicionamento errado na matriz tecnológica, podendo levar a uma instabilidade financeira sem qualquer tipo de retorno económico ou tecnológico (ECORY, 2009).

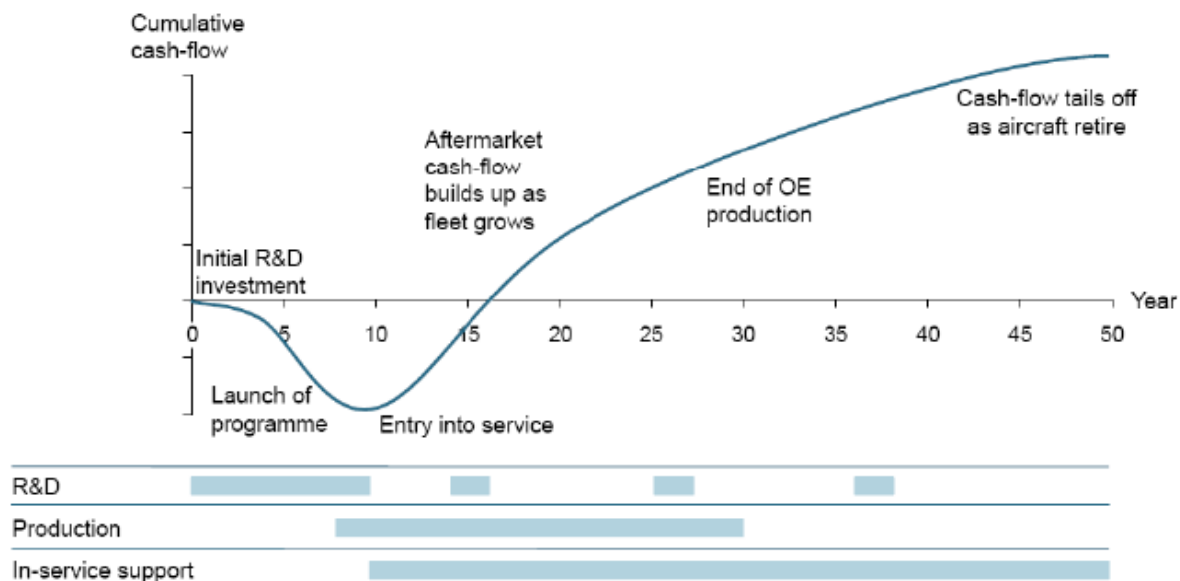


Figura 1 - Ciclo de vida de um programa aeronáutico civil. Fonte: (ACARE, 2010).

A indústria aeronáutica constitui um fator para o desenvolvimento económico dos países e, associada à política de defesa, beneficia de incentivos que permitam que se desenvolva e se assuma como uma indústria de ponta no sector tecnológico. Tratando-se de uma indústria de elevado valor acrescentado, é vista como um vetor de inovação que estimula e valoriza o investimento na inovação e no desenvolvimento¹.

O sector aeronáutico tem vindo a proporcionar o crescimento de benefícios económicos e sociais na sociedade, ‘encolhendo o planeta’ através do transporte cada vez mais eficiente e rápido de pessoas e bens (ACARE, 2010). Este sector é assumido como um objetivo de estratégia de desenvolvimento de base tecnológica de defesa sendo determinante para a investigação e criação de novas tecnologias de valor acrescentado e assumindo um papel preponderante e eficaz na transformação do investimento em inovação. Contribui também de um modo positivo para a balança comercial, criando redes de empresas de base tecnológica e ajudando na disseminação horizontal de tecnologias para outros sectores, promovendo exportações e emprego qualificado¹.

Através dos níveis altos de regulamentação, os sectores aeronáuticos encontram-se padronizados e regulamentados para a segurança e para o meio ambiente, tendo estas áreas como aquelas de maior foco e importância. A regulamentação poder atuar como um incentivo, pode também ser uma barreira para a inovação, uma vez que os governos, regulam os mercados e são muitas vezes eles próprios um grande cliente no mercado, desempenhando assim um papel central no desenvolvimento

¹ *Diário da República, 1ª série - Nº 198 - 12 Outubro de 2010*

do sector, e apoiando a indústria através de uma ampla gama de ferramentas de apoio à inovação (Yazan, 2013).

A inovação é um elemento central para as empresas se conseguirem diferenciar e manter competitivas na indústria aeronáutica (Sherry, 2002). Entre os diversos tipos de inovação, a inovação baseada na introdução de novas tecnologias tem sido aquela que ao longo da história tem mostrado o maior potencial de gerar competitividade, resultando em mudanças na própria estrutura da indústria (Phillips, 1971). Além da inovação exigir um investimento em I&D, é necessária mão-de-obra qualificada para criar e desenvolver inovação. O custo alto de formação e a experiência que é necessária adquirir neste tipo de indústria, leva a que por vezes nem sempre o investimento que se faça consiga ter sucesso na criação e no desenvolvimento de inovações. O mesmo gasto financeiro, em diferentes países, muitas vezes não consegue ter o mesmo resultado na área da inovação devido à existência de fatores, que não se encontram ligados à componente financeira, que influenciam o processo de inovação (Yazan, 2013).

É essencial que as empresas que competem na indústria aeronáutica continuem a gerar e introduzir novas tecnologias, aproveitando-se dos seus benefícios através de produtos inovadores que garantam a competitividade da empresa dentro do sector. A necessidade de avanço e melhoria é vista como uma oportunidade por parte do sector aeronáutico, devido às tendências e necessidades atuais de criar aeronaves com o mínimo impacte ambiental (Yazan, 2013).

Nos últimos anos, o governo português mudou a sua abordagem na indústria aeronáutica, mudando de um apoio financeiro direto para uma relação comercial forte. Consequentemente, o governo tem incentivado fusões para que possam beneficiar de sinergias de modo a que consigam obter valores mais altos, custos mais baixos e uma redução nos custos de desenvolvimento e do risco associado (Reis, 2011). Deste modo, também os fabricantes aeronáuticos têm procurado parcerias como partilhas de custos e riscos de desenvolvimento, reduzindo o peso que esses custos e riscos iriam sujeitar caso fossem suportados apenas por um responsável (*Ibid.*).

A maioria das empresas em Portugal que fornece para este sector tem a sua atividade nuclear orientada para outras indústrias, como a automóvel, o que em paralelo com o facto de estas empresas serem, com raras exceções, especialistas de processo e não de produto, leva a que a aeronáutica seja mais um mercado que uma indústria em Portugal. Para um país como Portugal, pelo facto de existirem empresas a trabalhar em vários sectores, este tipo de abordagem permite uma disseminação horizontal de tecnologias e competências mais rápida e eficaz (INTELI, 2005).

As empresas tentam reduzir estes riscos através de acordos de colaboração e cooperação com outras empresas, incluindo aquelas que poderiam ser potenciais concorrentes. A colaboração, partilha de riscos e transferência e conhecimento tácito, especialmente no apoio de infraestruturas, são comuns e é importante que aconteça neste meio (Yazan, 2013). Por outro lado, a natureza complexa de uma aeronave é uma barreira para a inovação, uma vez que implica possibilidades limitadas no controlo de todas as tecnologias e interdependências que a sustentam. Deste modo, as empresas concentram o seu *know-how* em áreas específicas de modo a empurrar a barreira tecnológica. Para fabricar uma

aeronave implica a necessidade de desenvolver um sistema de relações entre empresas especializadas (ECORY, 2009).

A manutenção aeronáutica é uma indústria onde nunca existiu um crescimento rápido do ponto de vista tecnológico, e a sua evolução não é constante nem gradual. Com o aparecimento das linhas de produção, a manutenção deixou de ser uma simples atividade de reparação, tornando-se uma área essencial nos objetivos e metas de uma organização, devido ao grande impacto que a paragem de um equipamento causa a nível monetário (Rosa & Justa, 2014). Quando a indústria aeronáutica se encontrava ainda a evoluir e a desenvolver a nível mundial, a manutenção de aeronaves era orientada pelo princípio de que todas as peças, componentes e sistemas tinham um tempo no qual deveria ser efetuada a manutenção. Como não havia conhecimento sobre padrões de falhas das peças, assim que esse tempo terminasse, os novos itens davam lugar aos antigos. Como grande parte destas substituições não eram necessárias, a manutenção tornava-se financeiramente inviável (Dinis, 2009). Através da evolução dos equipamentos e a diversidade existente em ativos físicos, a manutenção tornou-se mais complexa, levando inevitavelmente ao desenvolvimento de novas técnicas, ferramentas de gestão e abordagens inovadoras na estratégia e organização da manutenção (Rosa & Justa, 2014).

Com o desenvolvimento da aviação comercial, foram adicionados novos desafios à manutenção, obrigando ao desenvolvimento de métodos preventivos e um maior foco na segurança de pessoas e bens. O planeamento e controlo da manutenção passou a ter um papel mais importante para que os recursos sejam aplicados de forma correta e no momento certo, garantindo assim a disponibilidade dos equipamentos e uma maior segurança nos voos.

Neste contexto, este trabalho aborda a evolução nas dinâmicas da inovação no sector aeronáutico, estudando como a área da manutenção corresponde e se adapta e qual o impacto resultante. É necessário perceber se a inovação ocorre mais em contextos de falhas organizacionais e de gestão, processos de comunicação, de tomada de decisão, implementação e avaliação, ou de sistemas ineficazes de monitorização e regulação ineficiente (McDonald et al., 2000). Ou se a inovação acontece mais nas empresas em que a manutenção é uma atividade de suporte à competência principal e essencial da organização (Prahalad & Hamel, 1990), ou é uma função estratégica de suporte aos negócios (Pintelon et al., 2006). Ou, ainda, se a inovação está mais ou menos ligada à manutenção programada ou não programada.

3. Revisão da Literatura

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura que serviu de base ao trabalho efetuado e que se encontra dividida em cinco secções. A primeira secção irá abordar a inovação no sector aeronáutico, nomeadamente ao nível da definição, conceito, tipos de inovação e áreas de atuação. A segunda secção irá focar nas dinâmicas de inovação estudadas ao longo do tempo no sector aeronáutico, as suas fases e o seu papel para o desenvolvimento da indústria. A terceira e quarta secção irá abordar os produtos e sistemas complexos e a gestão da tecnologia e informação, respetivamente, onde será focada a ligação destas áreas com as características peculiares de uma indústria como a aeronáutica. Por fim, será analisado o sector da manutenção da indústria aeronáutica, inicialmente num contexto geral e, posteriormente, com mais detalhe em cada um dos aspetos presentes na atividade de manutenção e na sua relação com a inovação.

3.1. Inovação

A palavra ‘inovação’ encontra-se bastante presente no discurso quotidiano dos dias de hoje, principalmente no âmbito das políticas públicas e no meio empresarial (Oliveira, 2014). Por força da visão de Schumpeter (1934), que define o conceito de inovação como o *“processo criativo-destrutivo”* da economia, a inovação é considerada como um processo evolutivo que mantém a economia em movimento através da: (i) introdução de novos bens de consumo; (ii) introdução de novos métodos de produção e transporte; (iii) exploração de novos aspetos de marketing e novos mercados e (iv) desenvolvimento de novas formas de organização industrial (OCDE, 2002).

No entanto, de um modo mais simples, Godinho (2013) afirma que a inovação consiste em *“produzir novos produtos com processos já existentes, em produzir produtos existentes com novos processos ou, concomitantemente, em produzir novos produtos com novos processos”*. A inovação é um conceito ligado ao mercado, implicando que exista o desenvolvimento de uma ideia – invenção – que seja posteriormente aplicada no mercado – inovação – fluindo através dos quatro tipos de inovação descritos anteriormente.

Existem consequências na gestão das inovações tecnológicas consoante a variação no seu tipo e na dimensão da inovação, podendo ser:

- Radical ou incremental (Freeman, 1974) – quando se trata de uma mudança tecnológica ou até mesmo algo novo. As inovações radicais incluem avanços que mudem a natureza dos produtos e serviços, sendo necessário, normalmente, um maior investimento na sua pesquisa do que no caso de alterações incrementais. Estas alterações envolvem pequenas modificações em produtos que já existem de modo a que o seu desempenho seja melhorado (Dodgson, Gann, & Salter, 2008).

- Contínua ou descontínua (Tushman & Anderson, 1986) ou, sustentável ou disruptiva (Christensen, 1997) – normalmente existem grandes dificuldades em terminar completamente com as tecnologias e formas de inovar anteriores, sendo por vezes necessário explorar novas formas de fazer algo novo de um modo oposto do que foi utilizado para alcançar sucessos obtidos no passado.
- Mudanças ao longo do ciclo de vida (Abernathy & Utterback, 1978) – relação e adaptação ao surgimento precoce de uma inovação. As diferenças entre os estágios iniciais e finais do ciclo de vida de uma inovação.
- Modular – quando ocorre em componentes ou subsistemas sem envolver alterações no sistema do qual faz parte; ou arquitetural – melhorias relativas ao sistema sem alterar grande os componentes (Henderson & Clark, 1990).
- Resultado do surgimento de um *design* dominante (Abernathy & Utterback, 1978) – quando este tipo de inovação surge, obriga a uma ‘revolução’ no mercado, mesmo ao nível dos concorrentes e dos inovadores. Será discutido mais detalhadamente no próximo subcapítulo, uma vez que apresenta uma importância elevada no desenvolvimento de inovações no sector aeronáutico.

Como verificado, o conceito de inovação é bastante variado, dependendo, principalmente, da sua aplicação. Segundo Drucker (1985), a inovação “*é o instrumento específico dos empreendedores, o processo pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio diferente ou um serviço diferente*”. Por outro lado, Rogers & Shoemaker (1971) afirmam que uma inovação pode ser uma nova ideia, uma nova prática ou um novo material a ser utilizado num determinado processo. Desta forma, podemos visualizar a inovação em diferentes naturezas, que podem ser refletidas em esquemas classificatórios, podendo se diferenciar entre inovações administrativas e técnicas (Kimberly & Evarisko, 1981), inovação no trabalho organizacional, inovações em produtos e inovações em processos (Whipp & Clark, 1985).

Segundo o Manual de Oslo, a inovação encontra-se dividida em quatro áreas: produto, processo, marketing e organização. A inovação é definida como “*a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.*” (OCDE, 2005).

3.2. Dinâmicas de Inovação

As mudanças tecnológicas não ocorrem por acaso, não são aleatórias. Na maioria das vezes evoluem de maneira cumulativa, baseando-se em inovações criadas anteriormente (Dosi, 2006). Para uma melhor compreensão das dinâmicas de inovação ao longo da história da indústria aeronáutica, deve ser tido em conta que apenas nos primeiros 50 anos da história desta indústria existiu uma constante inovação, com uma grande diferenciação e sempre à procura do melhor modelo e conceito de aeronave que correspondesse à performance desejada. Podemos observar pela Figura 2, que quando comparando as aeronaves atuais com aquelas que foram projetadas quando a indústria estava no seu pico máximo de crescimento, a sua fisionomia e geometria permanece praticamente inalterada (Kroo, 2004).

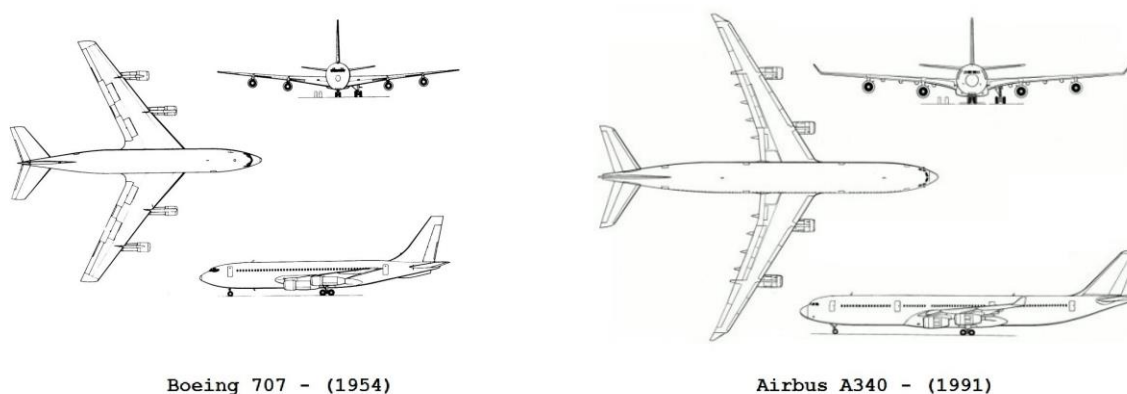


Figura 2 - Comparação da fisionomia entre uma aeronave de 1954 com uma aeronave de 1991. Fonte: elaborado pelo autor.

Além de uma redução significativa nos custos e no combustível, poucas medidas de desempenho têm mudado ao longo do tempo. Esta aparente falta de inovação sugere que a área da aeronáutica se encontra num nível de maturação elevado, porém a recente falta de inovação pode também ser considerada como um motivo de interesse e como impulsionador para superar os desafios criados por este tipo de indústria (Walker, 2002).

A força motriz que suportava os produtos e sistemas aeronáuticos, anteriormente à década de 1990, baseava-se no paradigma de *Higher, Faster, Farther*. Foi nesta altura que surgiram novos conceitos, entre eles um paradigma que desafiou o sector aeronáutico a produzir produtos e sistemas *Better, Faster, Cheaper* (Murman, Walton, & Rebentisch, 2000). Este novo pensamento começou com o final da Guerra Fria, através de investimentos sustentados pelos governos, nas áreas de investigação do setor aeronáutico, nomeadamente no desenvolvimento de tecnologias que assegurassem que a capacidade tecnológica do país fosse superior à capacidade tecnológica do inimigo. Estes investimentos tiveram um impacto tanto no sistema militar como na área comercial, surgindo tecnologias que alcançaram sucessos notáveis na engenharia aeronáutica, como por exemplo o desenvolvimento de propulsores a jato, voo supersónico e viagens e explorações espaciais (Murman et al., 2000).

Com o mercado militar a diminuir cada vez mais após o período pós-guerra e com o mercado comercial a crescer a grande escala, houve uma consolidação considerável desta indústria através da dinâmica da evolução dos mercados e da existência de cada vez menos sistemas aeronáuticos. No entanto, com o crescimento da área comercial, começou por haver um crescimento considerável do número de empresas aeronáuticas, atingindo o seu pico por volta de 1959. Contudo, nos anos seguintes assistiu-se a um declínio acentuado, seguindo-se uma estabilização durante alguns anos e voltando a descer por volta de 1990 (Murman et al., 2000).

Este tipo de padrão segue a tendência normal que muitas indústrias de montagem de produtos exibem ao longo da evolução de um produto. Através da Figura 3, podemos observar as 3 fases de inovação segundo Utterback.

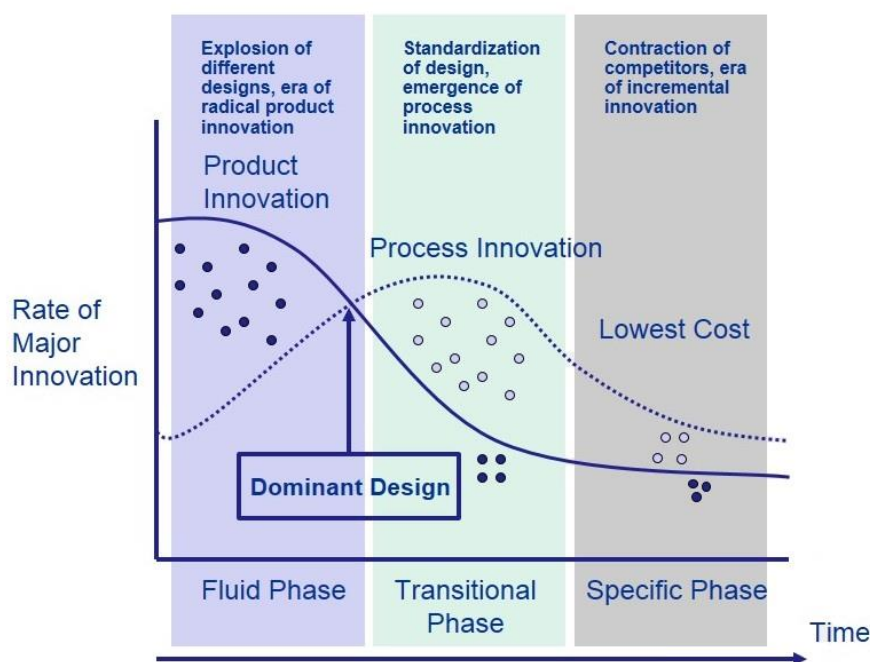


Figura 3 - As 3 fases de inovação segundo Utterback. Fonte: (Utterback, 1996)

Nos primeiros anos de um produto, as componentes básicas começam a evoluir, começando a aparecer cada vez mais novas empresas. A certo ponto surge um *design* dominante, quando as características básicas do produto são estabelecidas. Por definição, um *design* dominante é aquele que adquire a fidelidade do mercado, sendo o exemplo a seguir e a adotar por parte de concorrentes e inovadores para poderem dominar uma parcela significativa do mercado (Utterback, 1996).

A partir desta fase inicial, surge uma fase de transição, com a entrada de novos fatores, como a tecnologia, infraestruturas e expectativas do cliente, de modo a estabelecer e consolidar o *design* dominante. É nesta altura que começam mais empresas a sair do que a entrar, e que a inovação começa a mudar do produto para o processo tecnológico, ou seja, começa-se a focar no desenvolvimento

do *design* e na inovação do fabrico. Assim que as especificidades são alcançadas, não deverá haver mudanças significativas (Utterback, 1996).

Uma das causas para a aparente estagnação na indústria aeronáutica deve-se aos elevados custos e riscos associados ao desenvolvimento de uma nova tecnologia (Kroo, 2004). Estudos sobre dinâmicas de inovação ao longo do tempo mostram que empresas em indústrias tecnologicamente maduras se tornam cada vez mais vulneráveis a ameaças de novas empresas que entrem no mercado, sendo exceção empresas que estão na área há muito tempo e que sabem se adaptar a alterações do mercado e assimilar a entrada de novas tecnologias (Murman et al., 2000). As empresas com um melhor desempenho e cotação dentro deste tipo de indústria, são aquelas que têm os sistemas mais desenvolvidos e capazes para determinarem e selecionarem as inovações que não vão ao encontro das necessidades e expectativas dos clientes. Uma inovação até estar comprovada dos benefícios que poderá acrescentar, não é aceite pelos clientes, existindo mesmo uma preferência por melhorias através de incrementos de baixo risco (Christensen, 1997).

A inovação apesar de ser arriscada neste tipo de indústria é necessária e poderá inspirar a criação de alternativas e conceitos diferentes dos existentes. Estas mudanças podem estar associadas a requisitos e normas ambientais ao nível da diminuição de ruído e emissões de gases, assim como também poderá estar associada à capacidade do sistema de transporte aéreo (Kroo, 2004). Estando a engenharia aeronáutica nesta fase de maturação, poderá ter como características e oportunidades de inovação a introdução de incrementos de tecnologias de produto para melhorar a produtividade e qualidade do produto, processos tecnológicos ou inovações tecnológicas de modo a criar produtos substitutos de qualidade superior. Este tipo de características coincidem com o pensamento *Better, Faster, Cheaper* (Murman et al., 2000).

Através de incrementos de tecnologia de produto, é possível encontrar oportunidades significativas, apesar da oportunidade para criar configurações e conceitos radicais possa ser limitada. Deve existir uma aproximação ao cliente para entender qual o verdadeiro valor que o desenvolvimento de tecnologias, métodos e ferramentas eficazes possam acrescentar às necessidades do cliente (Murman et al., 2000). As maiores oportunidades de incremento de tecnologias de produto residem na área da tecnologia de informação, como novos sistemas de voo, sistemas de controlo do tráfego aéreo e sistemas de planeamento, assim como oportunidades de melhoria com foco na qualidade e produtividade do produto, incluindo aspetos ambientais e de segurança. Assim que o verdadeiro valor for compreendido, qualquer um destes incrementos pode trazer benefícios, não necessitando de ser uma mudança ou abordagem totalmente inovadora e radical (*Ibid.*).

Os processos tecnológicos são uma área que pode sempre crescer e se desenvolver através da inovação. Com a estratégia de investimento utilizada no pós-guerra, favoreceu-se o aperfeiçoamento de produtos, especialmente as abordagens científicas no campo da engenharia sobre a melhoria de processos (*Ibid.*).

Quanto ao desenvolvimento de inovações tecnológicas com intuito de criarem produtos substitutos de maior qualidade, apesar de ser possível criar-se novos mercados através de novos produtos,

é improvável que, na indústria aeronáutica, exista um crescimento real e uma alteração do mercado com a entrada de novos produtos (Utterback, 1996). O mais provável é serem criados novos conceitos, apesar de os desafios serem significativos devido ao *design* dominante que surgiu nesta indústria a partir de dentro da engenharia aeronáutica (Murman et al., 2000).

Existem também áreas como a exploração dos avanços computacionais direcionados para a simulação e *design*, que podem crescer e levar ao desenvolvimento de novos conceitos, programas e sistemas que tenham um grande impacto na inovação da indústria aeronáutica (Kroo, 2004). Através dos avanços tecnológicos e das capacidades e funcionalidades que os computadores adquiriram ao longo dos últimos anos, hoje em dia é possível realizar simulações que há uns anos atrás era impossível pensar neste tipo de possibilidades (*Ibid.*). Esta área promete crescer cada vez mais e revolucionar a aeronáutica através da maneira de compreender e testar novos conceitos, sem o risco e os custos que há uns anos atrás existiam durante a implementação prática das ideias inovadoras (*Ibid.*). Consegue-se também executar a uma velocidade muito maior, possibilitando que a simulação tenha em conta todo o tipo de detalhes e fatores reais, conseguindo testar qualquer tipo de situação ou evento sempre com um nível de fiabilidade elevado face à realidade (*Ibid.*).

Com o aperfeiçoamento das infraestruturas de informação a nível global, estas poderão reduzir a necessidade de viajar, contrariando tendências estudadas que afirmam que viajar iria aumentar através do crescimento da comunicação. No entanto, inovações radicais que possam marcar o declínio de algumas tecnologias existentes, raramente surgem deste tipo de indústrias desafiantes. No pior dos casos, poderá haver algumas alterações significativas com a introdução de novas tecnologias e através de fatores como a recessão económica, aumento do custo dos combustíveis ou taxas de emissão de gases poluentes (Murman et al., 2000). A combinação destes fatores poderia resultar numa diminuição do investimento na inovação aeronáutica, tornando a base tecnológica e as infraestruturas de suporte, economicamente não atraentes, originando um colapso neste tipo de mercado (*Ibid.*). Contudo, com o desenvolvimento das capacidades potencialmente inovadoras, poderá haver um efeito direto na inovação futura, devido à redução do risco e custos associados a novas ideias. Através destes avanços tecnológicos, irá existir um foco principal no aperfeiçoamento de todo o sistema aeronáutico, desde a aerodinâmica e geometria até à redução de espessura em materiais (Kroo, 2004).

Normalmente, a introdução de uma inovação radical tem como resultado o fim da evolução tecnológica que existia anteriormente. Este tipo de inovações de carácter disruptivo encontra-se assente nos elevados esforços de I&D realizados pela indústria aeronáutica (Ferreira, 2009). Quando a inovação apresenta este tipo de carácter, leva a que exista uma interrupção da evolução e da trajetória tecnológica, levando a que exista uma incerteza em relação ao seu futuro. O êxito da inovação e qual o momento em que deve ser adotada são uns dos elementos centrais da dinâmica da inovação da indústria aeronáutica (Rosenberg, 2006).

Devido ao facto das aeronaves serem compostas por uma variedade de componentes e sistemas, esta indústria beneficia da tecnologia gerada internamente e também das inovações desenvolvidas por outras indústrias, como a mecânica e eletrónica (Mowery & Rosenberg, 2005). O grande dinamismo inovador da indústria aeronáutica é comprovado pelo crescente nível de exigência do mercado

comercial e militar, que procura aeronaves cada vez mais seguras, económicas e eficientes (Ferreira, 2009).

Com a entrada dos aviões a jato, apesar de não ter sido a primeira aeronave com motor a jato em voos comerciais, o *Boeing 707* (representado na Figura 2) foi estabelecido como *design* dominante. O *Boeing 707* foi a primeira aeronave a ter um grande sucesso comercial, popularizando as viagens internacionais (Ferreira, 2009). Mesmo depois de a sua produção ter sido encerrada em 1978, os conceitos básicos continuam a ser utilizados até hoje pela indústria produtora de aeronaves comerciais. A introdução de um *design* dominante resulta numa nova evolução e trajetória tecnológica, de tal forma que inovações posteriores são consideradas como incrementos até ao surgimento de um novo *design* dominante (*Ibid.*).

A única aeronave que ameaçou suplantear o *Boeing 707* como *design* dominante foi o avião franco-britânico *Concorde*. Apesar de existir o desejo de um avião comercial supersónico como *design* dominante, não foi aceite pelo mercado (Ferreira, 2009). Assim, é possível demonstrar que, apesar do avanço tecnológico, a ideia de *design* dominante é conceitualmente mais ampla do que o progresso e a concorrência técnica. Quanto mais consolidada estiver a tecnologia, menor será o seu custo, não bastando que o *design* dominante seja tecnologicamente superior, necessita principalmente de ser economicamente viável. Devido a fatores sociais e ao facto de o mercado não conseguir suportar os elevados custos, a aviação comercial supersónica acabou por falhar (Utterback, 1996).

Na área militar, como a tecnologia possui um carácter estratégico, raramente é transferida de um país para outro. O ritmo da evolução tecnológica é dado pela disputa entre potências mundiais pela supremacia geopolítica. Quanto maior for o grau de rivalidade, mais rápido tende a ser a introdução de novas tecnologias (Ferreira, 2009). O gasto em I&D da indústria aeronáutica aumentou quase 700% entre 1945 e 1969, correspondendo este avanço na aeronáutica aos períodos de conflitos, como a Guerra Fria e a Guerra da Coreia (Mowery & Rosenberg, 2005).

Ao contrário da aviação comercial, onde é estabelecido um *design* dominante selecionado e aprovado pelo mercado, na indústria aeronáutica militar a lógica da disputa geopolítica é obedecida em detrimento da determinação do mercado (Ferreira, 2009). Uma característica importante na dinâmica da inovação militar é a elevada assimetria na incorporação de tecnologias existentes em aeronaves da mesma geração. Por questões técnicas ou motivações estratégicas, a indústria aeronáutica de cada país apresenta uma maior capacidade tecnológica numa determinada área (*Ibid.*). Um exemplo que suporta esta análise é o caso da indústria aeronáutica russa e norte-americana. Desde os anos 50 que a aeronáutica russa é reconhecida pelos seus projetos aerodinâmicos, enquanto a aeronáutica norte-americana se destaca pela integração de sistemas eletrónicos (*Ibid.*). Esta assimetria tecnológica deve-se ao carácter estratégico das aeronaves, de modo a que cada país ou consórcio de países procure se apropriar de forma exclusiva das inovações, evitando ao máximo a sua transferência. Assim, não se consegue estabelecer um único modelo de aeronave militar que sintetize as inovações tecnológicas e que seja um *design* dominante (*Ibid.*).

No segmento militar, a incerteza é superior ao segmento comercial devido à ausência de um *design* dominante que determine parâmetros para o futuro desenvolvimento das inovações (Ferreira, 2009). Por sua vez, no segmento comercial a incerteza da dinâmica de inovação encontra-se diretamente relacionada com a definição de *design* dominante, uma vez que este exerce um impacto forte no desenvolvimento de futuras inovações tecnológicas (Utterback, 1996). O *design* dominante vai estabelecer os novos parâmetros da evolução e trajetória tecnológica. Até à sua definição, a incerteza será elevada, não existindo uma convicção de que será aceite e consolidado como um novo *design* dominante da indústria aeronáutica comercial. Esta incerteza agrava-se quando se considera os custos elevados da introdução das inovações radicais. Uma inovação mal sucedida pode ter um efeito devastador de tal modo que pode comprometer a sobrevivência da própria empresa (Ferreira, 2009)

Além do conceito acima referido, os processos de inovação centrados no utilizador conseguem oferecer grandes vantagens sobre os sistemas de desenvolvimento de inovação centrados no fabricante, que foram a base do comércio ao longo de muitos anos (Hippel, 2005). O termo de utilizador pode ser descrito como uma empresa ou um consumidor individual que espera beneficiar do uso de um produto ou serviço. Por outro lado, o termo fabricante espera beneficiar com a venda de um produto ou serviço (*Ibid.*).

Uma empresa ou um indivíduo pode ter diferentes relações com diferentes produtos ou inovações, como por exemplo o caso da *Boeing* que pode ser considerada um fabricante de aviões mas também pode ser considerada um utilizador de máquinas e ferramentas (Hippel, 2005). As inovações desenvolvidas pela *Boeing* para os aviões que comercializa, podem ser consideradas como uma inovação centrada no fabricante. No entanto, quando se considera as inovações desenvolvidas em algumas máquinas e equipamentos (nomeadamente em máquinas de deformação de metal) para uso interno na construção de aviões, podem ser categorizadas como sendo inovações centradas no utilizador (*Ibid.*).

Estudos sobre utilizadores inovadores (empresa ou indivíduo) mostram que estes podem ter características de *lead users*. Através da Figura 4, podemos observar que este tipo de utilizadores encontra-se à frente da maioria dos restantes utilizadores no que diz respeito a uma certa tendência de mercado, esperando obter ganhos consideráveis através da solução que desenvolvem face às necessidades que têm (Hippel, 2005). Os utilizadores que inovam podem desenvolver exatamente aquilo que querem, em vez de dependerem de fabricantes que frequentemente não satisfazem na totalidade a satisfação dos utilizadores. Uma vez que estes *lead users* se encontram na vanguarda do mercado, nomeadamente com uma importância relativa às tendências do mercado, muitos dos novos produtos que desenvolvem para uso próprio podem ser atrativos para outros utilizadores e também podem servir como base para produtos que fabricantes possam vir a comercializar (*Ibid.*).



Figura 4 – Representação dos lead users segundo von Hippel.
Fonte: (Hippel, 2005).

Através destas inovações, de forma a atender aos novos requisitos do mercado, houve um desenvolvimento e adaptação, levando a que a indústria aeronáutica tenha ganho e crescido consideravelmente quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias, tanto aplicadas em produtos, como também em processos produtivos (Balaguer, 2008). Estes picos de inovação e de mudanças tecnológicas, que de uma certa maneira alteram a visão e dão uma nova direção à evolução tecnológica neste sector, não acontecem de uma maneira constante ou gradual no tempo. Hoje em dia, existem diversos fatores externos ligados à capacidade de inovação tecnológica na indústria aeronáutica (*Ibid.*). Dentre destes fatores, encontram-se a forte regulamentação da indústria, os impactos ambientais das suas operações, o impacto económico positivo e a importância da indústria para as nações (Balaguer, 2005). Os fatores em causa levam a que a indústria aeronáutica tenha características especiais quanto à inovação tecnológica, como por exemplo, a alta regulamentação no mercado e ciclos longos de maturação tecnológica. Consequentemente, o processo de I&D acabou por adquirir um funcionamento distinto daquele observado na maioria das outras indústrias, mesmo nas de alta tecnologia (*Ibid.*).

Nesta indústria, antes que as atividades de I&D competitivas, como o desenvolvimento de produto, sejam realizadas, é necessário desenvolver tecnologias de modo a assegurar um nível de maturidade adequado, minimizando os riscos dos projetos. Na criação de um ciclo de desenvolvimento tecnológico longo e dispendioso, é fundamental o envolvimento das empresas que vão industrializar a inovação tecnológica, especialmente por causa da forte influência do *learning by doing* (Rosenberg, 2006).

3.3. Produtos e Sistemas Complexos

O sector aeronáutico é caracterizado por uma elevada complexidade de desenvolvimento de projeto e de integração de sistemas. O que vai determinar se esta complexidade vai ser não só a tecnologia incorporada nos produtos como também a forma de organização da estrutura de produção e a capacidade de relação entre os atores envolvidos (Oliveira & Bernardes, 2002). Em termos de dinâmicas de inovação o sector aeronáutico, quanto aos seus produtos, é um sector com umas características próprias, estando os seus produtos enquadrados numa categoria específica: os produtos e sistemas complexos (*Complex Products and Systems [CoPS]*).

A indústria aeronáutica pode ser classificada como uma rede de produtos complexos, uma vez que este tipo de rede compreende relacionamentos produtivos associados à geração de *CoPS* de carácter único e customizado, que requerem a integração de diferentes sistemas de componentes (Oliveira & Bernardes, 2002). Os produtos gerados possuem um elevado valor (ou custo) unitário, sendo produzidos como itens unitários em função das necessidades de consumidores individuais. Assim, a complexidade técnica deste tipo de produtos requer a integração de conhecimentos e competências extremamente diferenciadas (Hobday, 2000).

Este tipo de produtos não são produzidos em massa para um utilizador final, são projetados e construídos com base em projetos *ad-hoc* para produção de unidades únicas ou de pequenas quantidades customizadas para clientes que, ao contrário do utilizador final comum, se envolvem diretamente no processo de desenvolvimento e de inovação deste tipo de produtos (Davies & Hobday, 2005). É de realçar que estes produtos apresentam uma característica que desafia as dinâmicas de inovação convencionais. São produtos que não se revêm na curva-S² de desenvolvimento tecnológico devido à constante e corrente inovação que os caracteriza e devido ao seu longo ciclo de vida (*Ibid.*).

A complexidade técnica dos produtos obtidos, baseados na compatibilização de diferentes subsistemas, requer a integração de conhecimentos e competências extremamente diferenciadas (Hobday, 2000). Este conceito de complexidade refere-se ao número de componentes integrados no produto e, sobretudo, à contribuição que a arquitetura, através da qual estes componentes se combinam, exerce na obtenção de uma melhor performance funcional. Deste modo, torna-se possível obter produtos cada vez mais complexos à medida que o progresso tecnológico avança ao longo do tempo (Oliveira & Bernardes, 2002).

O sistema complexo que é a indústria aeronáutica, é descrito como uma forma particular de produção industrial, que requer diferentes métodos de gestão (Hobday, 1998). Assim, para os *CoPS*, existem requisitos específicos para o *design*, para a gestão de projetos e para a engenharia e integração de sistemas (Brusoni, Prencipe, & Pavitt, 2001).

² A curva-S é um instrumento muito importante para entender o ciclo de vida de uma inovação que utiliza dois parâmetros representando graficamente a sua relação. Um deles no eixo da ordenada que representa o desempenho relativo alcançado pela tecnologia em função do esforço no eixo da abscissa (dinheiro, tempo, homem hora, etc.) aplicado para melhorar o desempenho de determinada tecnologia (C. M. Christensen, 1992).

3.4. Gestão da Tecnologia e Inovação

Como consequência do processo evolutivo, “as indústrias e os negócios foram mudando continuamente e, em alguns casos, até radicalmente mesmo no curso de uma geração, sendo fundamental para os gestores entender quais as forças históricas que moldaram a conduta das empresas e as próprias organizações” (Dodgson et al., 2008). A inovação, a ciência e a tecnologia são algumas dessas forças. A união destes três conceitos origina uma fusão que não deve ser dissociada, na medida em que cada vez mais o conhecimento científico tem incentivado o processo de criação de inovações tecnológicas (Oliveira, 2014).

É neste contexto que a Gestão da Tecnologia e Inovação (GTI) se torna tão importante, não só por força da necessidade de adaptação, como também por ser “uma área de conhecimentos que combina elementos das áreas da engenharia industrial com técnicas de gestão” (AI, 2016). Deste modo, a GTI lida com as dinâmicas de inovação e com a mudança tecnológica; com os desafios da economia do conhecimento e com a globalização; assim como os restantes fatores (ver Figura 5), que induzem mudanças nas práticas de gestão, na estrutura das indústrias e nos modelos de negócios (Oliveira, 2014).

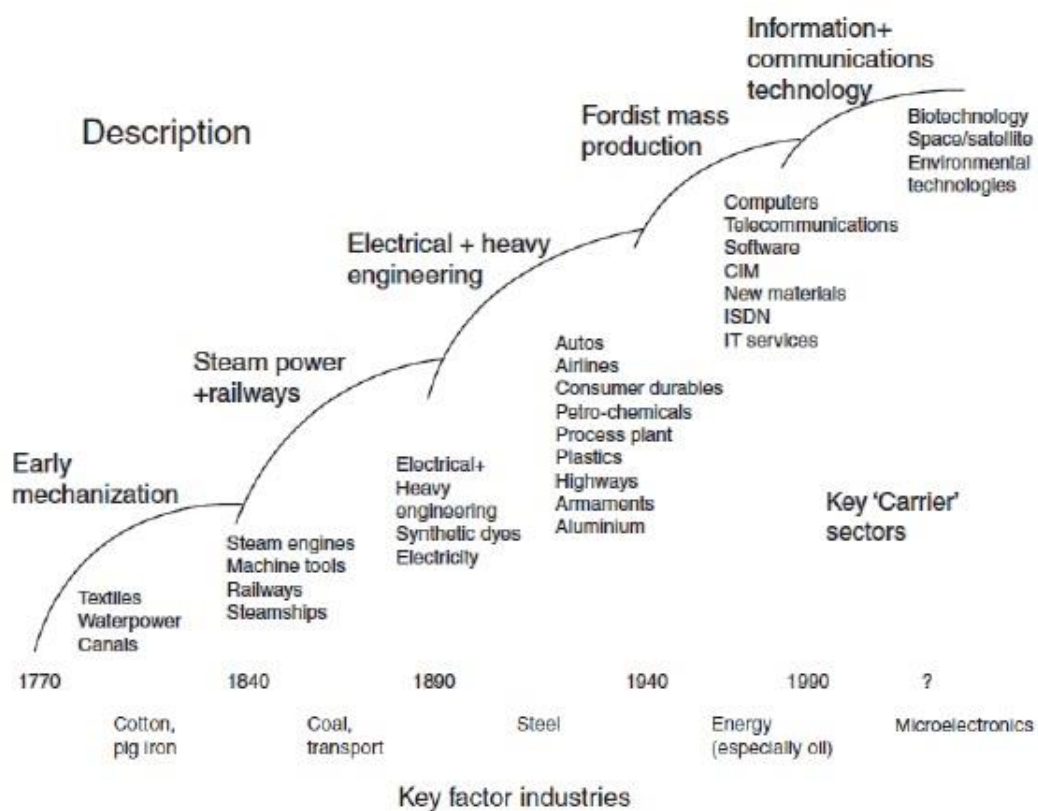


Figura 5 - Ondas de desenvolvimento tecnológico. Fonte: (Dodgson et al., 2008)

Na década de 1930, Schumpeter (1934) observou que as inovações tecnológicas não se encontram distribuídas uniformemente ao longo do tempo ou ao longo de todas as indústrias, aparecem agrupadas periodicamente. Como observado na Figura 5, na análise efetuada desde a Revolução Industrial, foi possível identificar ondas históricas de intensa mudança tecnológica (também denominadas por ‘revoluções tecnológicas’) caracterizadas por rápidas oportunidades de crescimento económico e mudanças sociais radicais (Freeman & Perez, 1988).

De acordo com esta teoria, estamos neste momento na quinta onda de desenvolvimento tecnológico, a onda das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), sendo a microeletrónica o principal fator chave. No entanto, existe também a especulação de nos encontrarmos atualmente numa fase de transição, passando para uma sexta onda, a onda das Ciências da Vida, com a biotecnologia como fator chave. Através desta teoria, é possível explicar a razão de algumas economias crescerem mais rápido do que outras (Dodgson et al., 2008).

A GTI inclui um conjunto alargado de atividades ligadas a diferentes tipos de gestão (ver Anexo A), tendo como objetivo a maximização dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia e do seu desenvolvimento (AI, 2016).

Uma vez que o presente trabalho tem como interesse a indústria aeronáutica, abordar a GTI nas empresas presentes nesta indústria requer uma ponderação adequada devido ao tipo de indústria em que estão inseridas. Como diferentes tipos de indústria são diferentes na sua tendência e intenção em inovar e, como a tecnologia se posiciona de maneira diferente entre empresas e sectores industriais, (Dodgson et al., 2008) é necessário o auxílio da taxonomia de Patel & Pavitt (1994) (ver Anexo B) para demonstrar este aspeto onde as trajetórias tecnológicas e as oportunidades de inovação das empresas são entendidas como sendo fortemente condicionadas pelo *core business* e o tamanho da empresa.

Através da taxonomia de Patel & Pavitt (1994), a indústria aeronáutica pode ser classificada como uma indústria que se encontra dominada por fornecedores especializados, uma vez que a oferta é dominada por um pequeno número de empresas integradoras, sendo o seu *core business* atender às necessidades de utilizadores avançados.

Embora existam bastantes incentivos a favor da inovação, também existem obstáculos consideráveis até se alcançar o sucesso. A GTI, por norma, envolve também a gestão de certas particularidades, onde existe um nível alto de ambiguidade, incerteza e risco. Assim, uma vez que a inovação tecnológica é um dos principais meios de competição nas economias de conhecimento do século XXI, a GTI acaba por ser uma atividade que desempenha um papel vital (Dodgson et al., 2008).

Todas estas observações salientam a necessidade de conhecer as características únicas presentes na indústria aeronáutica de modo a compreender as dinâmicas de inovação que estão envolvidas e os desafios patentes na GTI.

3.5. Manutenção

As evoluções cíclicas presentes no sector aeronáutico obrigaram, a que a área da manutenção se tenha adaptado ao longo do tempo, não só à maneira de operar e abordar, como também em acompanhar a evolução da inovação em termos do conhecimento técnico necessário para reparar e atuar sobre novos desafios que vão surgindo.

A manutenção é a “*combinação de todas as ações técnicas administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida*” (IPQ, 2007). Poderá também ser definida como “*o processo que assegura que um sistema execute continuamente a sua função com o nível de fiabilidade e segurança com que foi projetado*” (Lee, Ma, Thimm, & Verstraeten, 2008).

A manutenção aeronáutica é uma indústria que não evolui de um modo constante, nem avança muito rápido do ponto de vista tecnológico. É uma indústria que está num estado onde surgem pequenas melhorias incrementais que lentamente começam a influenciar toda a manutenção tornando-a mais eficiente, de melhor qualidade, com mais rapidez e, também, com alterações nos custos associados (Lombardo, 2008).

As técnicas de manutenção aeronáutica surgem durante a primeira Guerra Mundial, quando a taxa de falhas nas aeronaves começa a aumentar devido à sua utilização por longos períodos de tempo, originando acidentes que, normalmente, eram fatais (Kister & Hawkins, 2006). Para diminuir este índice de falhas e fatalidades, começou a ser executada uma lista de verificação – *check list* – verificando também a aeronavegabilidade³ da aeronave através da realização de uma sequência de procedimentos de verificação dos componentes (Roque, 2012).

A manutenção das aeronaves, até à altura do pico de expansão da indústria aeronáutica, em 1959, era orientada pelo princípio de que todas as peças, componentes e sistemas, tinham um determinado tempo de vida. Ao fim desse tempo, era efetuada uma manutenção preventiva, sendo substituídos os elementos cujo tempo de vida estimado tinha terminado, por novos (Dinis, 2009). Grande parte destas substituições eram desnecessárias devido à falta de conhecimento sobre padrões de falhas de peças. Assim, com este tipo de manutenção, a indústria aeronáutica era financeiramente instável (*Ibid.*).

A manutenção aeronáutica pode ser dividida em duas atividades que, apesar de estarem completamente associadas, possuem especificidades que as distinguem. A primeira atividade refere-se à manutenção das aeronaves como um equipamento único, e a segunda atividade refere-se à manutenção dos componentes que serão empregues na primeira.

³ A aeronavegabilidade (ou *airworthiness* em inglês) é a medida com que uma aeronave se encontra apta para realizar um voo seguro.

Esta distinção é necessária devido às características das operações de manutenção de aeronaves seguirem regras que vão além da competência técnica necessária para a execução das atividades de manutenção. Um dos exemplos disso é a necessidade de evitar a ocorrência de um erro humano durante a execução da tarefa, uma vez que uma aeronave, após manutenção, não pode ser testada da mesma forma que um equipamento (Cheung, Ip, & Lu, 2005). Desta forma e também com a introdução de novas tecnologias e regras neste sector, existe uma dificuldade de alocação de mão-de-obra especializada na manutenção aeronáutica (*Ibid.*).

A evolução tecnológica que se encontra patente no desenvolvimento de projetos aeronáuticos, ligados à área da aviação comercial, tem como um dos principais objetivos a preservação e segurança da vida humana (Levandowski, 2013). Atualmente, os índices de acidentes fatais revelam que o desenvolvimento das tecnologias tornou a indústria aeronáutica mais segura e fiável. No entanto, para que a aeronave cumpra o seu papel, a sua correta manutenção torna-se imprescindível e de extrema importância (*Ibid.*).

Apesar da manutenção das aeronaves, que garante a segurança na aviação, ser um componente crítico de todo o sistema, cerca de doze por cento dos acidentes com um índice alto de gravidade é atribuído a uma manutenção e inspeção deficiente (Marx & Graeber, 1994), sendo o fator humano considerado como o principal responsável pelos acidentes. Contudo, a razão destas falhas não se deve apenas a tarefas realizadas incorretamente por parte dos técnicos e operadores. As principais falhas devem-se a fatores organizacionais e de gestão, como processos de comunicação, de tomada de decisão, implementação e avaliação, assim como sistemas ineficazes de monitorização e regulação ineficiente (McDonald et al., 2000).

Na maioria das empresas, a manutenção é uma atividade de suporte à competência principal e essencial da organização (Pralhad & Hamel, 1990), podendo também ser vista como uma função estratégica de suporte aos negócios, desempenhando um papel importante no apoio a diferentes técnicas de gestão da produção que estejam já consolidadas ou por emergir (Pintelon et al., 2006; Pun, 2002). Considerar a manutenção apenas como um elemento tático dentro da empresa poderá ser considerado um erro, uma vez que a própria manutenção tem dimensão estratégica, podendo existir desenvolvimentos em projetos de instalações, programas de manutenção, atualização de conhecimento ou técnicas e capacidades dos operadores. Também o desenvolvimento da carga de trabalho e de ferramentas para a realização das tarefas e atividades de manutenção leva a que a gestão da manutenção se torne num elemento importante, impondo-se dentro da empresa como mais do que um elemento tático (Tsang, 1998).

Como a manutenção constitui um custo significativo e crescente para a indústria aeronáutica e a crescente complexidade das aeronaves apresenta desafios específicos para a força de trabalho ligada à manutenção, anomalias que surjam nesta área são consideradas como um dos pontos críticos nas questões de segurança da indústria aeronáutica (BASI, 1994). Tendo a manutenção o objetivo de manter a segurança e a fiabilidade que se encontravam presentes inicialmente, é necessário a ocorrência de intervenções preventivas e corretivas, assim como a execução de manutenções periódicas, correções de falhas que tenham sido reportadas ou determinadas modificações (Vilela, Velasquez,

Filho, & Kikko, 2010). O serviço de manutenção deve ser desempenhado de forma a minimizar ao máximo a ocorrência de falhas e de custos associados a esse serviço, onde a segurança, seguida do desempenho da execução da tarefa, se sobressaem ao custo-benefício (Levandowski, 2013). Devido a combinações de eventos externos e internos, desencadeiam-se mecanismos associados a falhas e erros nas atividades de manutenção. Os principais fatores que contribuem para possíveis falhas ou erros, surgem associados à soma de elementos individuais, organizacionais e sociais, com ligação à formação e supervisão, e também à fase de projeto e de fabrico (Vilela et al., 2010).

Como referido anteriormente, a operacionalidade de uma aeronave é considerada um requisito fundamental por cada operador aéreo. Sendo a operacionalidade das aeronaves considerada como a capacidade da aeronave para atender aos requisitos operacionais em termos de fiabilidade operacional, custos operacionais relativos à manutenção e risco operacional quando surgem custos adicionais devido à manutenção não programada, pode-se gerar uma situação em que haja um *trade-off* complexo, onde as prioridades vão variar consoante a política da empresa (Papakostas, Papachatzakis, Xanthakis, Mourtzis, & Chryssolouris, 2009). A ocorrência de manutenção não programada pode provocar atrasos que poderão ter um grande impacto financeiro, caso não haja uma correção a tempo (*Ibid.*).

O interesse nos fatores humanos relacionados com a manutenção tem vindo a crescer, no entanto grande parte das investigações centram-se sobre problemas específicos ou soluções específicas, não havendo nenhuma análise ampla (BASI, 1994). A maioria dos estudos e análises sobre a manutenção nesta indústria foca-se no uso de novas metodologias nas áreas operacionais (Clarke & Ryan, 2001), de programação (Clarke & Smith, 2004), calendarização e planeamento (Tam, Chan, & Price, 2006).

Através da evolução tecnológica que houve na programação computacional, conseguem-se também analisar métodos de redução de custos (Quana, Greenwoodb, Liuc, & Huc, 2007) e otimização de planos de manutenção através de modelos algorítmicos e matemáticos (Dijkstra, Kroon, van Nunen, & Salomon, 1991). O desenvolvimento desta área possibilita a criação de inúmeras metodologias e métodos, permitindo uma exploração das capacidades computacionais e podendo assim antecipar e reagir rapidamente a situações que surjam, nomeadamente a alocação de trabalhadores consoante o problema detetado e o tempo disponível (Yan, Yang, & Chena, 2004). Apesar da maior parte dos estudos se focar em problemas de planeamento de longo prazo, existem também problemas associados a decisões operacionais de curto prazo. Estes últimos utilizam maioritariamente *software* capaz de modelar e executar, através de informação sobre restrições operacionais e económicas, um planeamento a curto prazo das atividades de manutenção (Papakostas et al., 2009).

Os valores de mercado de uma aeronave são influenciados por uma série de determinantes, de onde se destaca o estado da manutenção, que é utilizado para avaliar, no todo ou em parte, o valor utilitário da restante manutenção, que pode ser avaliado através da análise de dados relacionados com a condição da manutenção de uma aeronave num dado ponto específico no tempo (Ackert, 2011). Este estado da manutenção encontra-se diretamente ligado ao valor da manutenção e, dependendo da idade da aeronave, pode ser responsável por uma parcela significativa do valor de mercado de uma

aeronave moderna. Tal como os valores das aeronaves, os valores do estado da manutenção são influenciados pelas condições do mercado, onde estes diminuem durante um período de recessão e voltam a subir quando a indústria recupera (*Ibid.*). O estado da manutenção é também determinado pela maneira pela qual uma aeronave opera, isto é, a taxa de deterioração de eventos de manutenção com altos custos (como a restauração de um motor e a substituição de peças com tempo de vida limitado) é afetada por vários fatores, como o tempo médio de voo e o local de operação (*Ibid.*). Por último, os efeitos de inflação tanto de trabalho como de materiais são fatores chave para um aumento dos custos de manutenção, obrigando a que estes esforços sejam tidos em conta para estas variáveis quando se prevê uma futura manutenção (*Ibid.*).

A raiz de qualquer programa de manutenção de aeronaves tem como principal filosofia o *Maintenance Steering Group* (MSG), cujo objetivo é tornar a operação de manutenção da aeronave viável e lucrativa. Baseado em diagramas de decisão lógicos, analisa os diversos sistemas da aeronave de acordo com os padrões de falha possíveis que existam nesses sistemas, analisando como uma determinada falha iria afetar a segurança da operação (McLoughlin & Beck, 2006). Este tipo de filosofia foi um dos primeiros passos na evolução do estudo da manutenção na indústria aeronáutica, tendo sido aprimorada ao longo dos anos. Atualmente são analisadas as falhas ao nível do sistema, podendo chegar-se ao nível dos componentes, resultando num menor número de tarefas de manutenção (Adams, 2009).

Convém ter em atenção que as organizações aeroespaciais têm tendência a serem avessas ao risco e, como tal, inclinam-se para manterem os seus fornecedores e as suas abordagens que anteriormente tenham sido testadas com resultados positivos – abordagens “*tried and tested*” (Copernicus Technology, 2016). Os fabricantes aeronáuticos nem sempre procuram a empresa que seja mais capaz, pois como o tempo de desenvolvimento é curto e, supostamente mais rentável, é mais fácil manter os fornecedores com quem atualmente trabalham. Embora seja aceite que as Pequenas e Médias Empresas (PME) do sector aeronáutico sejam uma importante fonte de inovação, existem algumas barreiras que dificultam a afirmação neste sector (*Ibid.*). Entre estas barreiras encontram-se os longos processos de aprovação e certificação e a falta de financiamento em recursos ou no investimento nas vendas efetivas e no *marketing*. Em termos de custo, qualidade e entrega (QCD – *Quality, Cost and Delivery*), apesar de as PME serem vistas como as que oferecem um melhor rácio de custo-benefício, existem preocupações sobre a viabilidade/ estabilidade na entrega e no suporte pós-venda (*Ibid.*).

Como a fase em serviço do ciclo de vida de um produto é responsável por pelo menos dois terços da totalidade do custo de vida, este sector de mercado torna-se demasiado grande para ser ignorado. A manutenção aeronáutica e a sua logística é vital para o *output* da indústria a nível económico e por isso a necessidade de inovação na área da manutenção é maior do que nunca. Através do Anexo C, pode-se observar num estudo realizado sobre as maiores inovações em ferramentas, equipamentos e processos na manutenção aeronáutica que tiveram um impacto significativo ao nível ténico do hangar nos últimos 10 a 15 anos, que as principais inovações centram-se nas áreas de processos, *hardware* e *data*, revelando as tendências futuras nesta área específica (Copernicus Technology, 2016).

4. Metodologia de Investigação

Uma pesquisa pode ser definida como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, de forma a descobrir respostas para problemas através do uso de procedimentos científicos (Gil, 1985). Segundo Robson & Foster (1989), é inapropriado pensar estritamente em termos de pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa pois, por vezes, existem situações onde uma das abordagens é mais favorável, e outras onde os dois tipos de pesquisa se complementam.

Deste modo, na elaboração deste estudo, foi utilizada uma metodologia mista, recorrendo a fontes e análises de dados quantitativos, e ao levantamento de informação qualitativa através de entrevistas a empresas relevantes, quer de manutenção, quer de fornecedores. Foi também utilizado o levantamento de informação e análise de dados externos, assim como a utilização de políticas de financiamento de novas tecnologias, utilizando o *Community Research and Development Information Service* (CORDIS), que apesar de ser um repositório público da Comissão Europeia (CE), é também um portal para divulgação de informações e resultados sobre todos os projetos de investigação financiados pela União Europeia (UE). Esta base de dados permite-nos identificar inovações com impacto no sector.

Devido à existência da necessidade de uma “*diferenciação clara de propósitos alternativos para métodos mistos qualitativos e quantitativos*” (Greene, Caracelli, & Graham, 1989), foi utilizado neste estudo o conceito de triangulação. Este conceito tem como principal finalidade a combinação de métodos com o objetivo de alcançar a convergência de resultados (Greene et al., 1989). O uso da triangulação baseia-se na ideia de que os desvios inerentes a quaisquer fontes de dados ou métodos de recolha e análise sejam neutralizados por essa combinação de métodos, complementando o estudo e solidificando a sua validade (Jick, 1979). De acordo com Patton (1990), a triangulação é uma solução bastante forte quando surgem problemas em confiar demasiado num único método ou numa única fonte de dados.

No caso deste estudo, quando se lida com uma amostra não-probabilística desconhece-se a probabilidade de a amostra representar a população, não se podendo calcular com precisão a possibilidade de um determinado membro da população ser selecionado. Em virtude disso, não se calcula a amostra, pois não existe uma probabilidade de ela representar a população (Baldin & Munhoz, 2011).

Neste tipo de amostragem não-probabilística intencional, também conhecido por amostragem ‘Bola de Neve’, um sujeito selecionado de forma intencional, indica outro sujeito para integrar a amostra, que por sua vez irá indicar um novo sujeito e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto, também denominado por ‘ponto de saturação’. Este ‘ponto de saturação’ é alcançado quando os novos participantes começam a repetir os conteúdos já obtidos em entrevistas anteriores, sem acrescentar novas informações relevantes ao estudo (Hudelson, 1994).

A amostragem 'Bola de Neve' é utilizada normalmente quando se trata de uma população altamente especializada e de um pequeno número de integrantes. Este tipo de amostragem pode ser inserida dentro de um conjunto mais amplo de metodologias *Link-Tracing Sampling (LTS)* (Spreen, 1992), que procuram tirar proveito das interações sociais dos entrevistados identificados, de modo a fornecer um conjunto cada vez maior de potenciais contactos (Thomson, 1997). Este processo baseia-se no pressuposto de que existe uma 'ligação' ou um 'contacto' entre a amostra inicial e outras amostras na mesma população alvo, permitindo que uma série de referências possam ser integradas dentro de um círculo mais pessoal (Berg, 1988).

Este tipo de amostragem foi aplicado principalmente pela sua finalidade de ser um método 'informal' para chegar a uma população alvo. Existem vantagens práticas quando o objetivo de um estudo é fundamentalmente exploratório, qualitativo e descritivo, sendo usado com frequência para conduzir pesquisas qualitativas, sobretudo através de entrevistas (Hendricks, Blanken, & Adriaans, 1992).

A entrevista é considerada como um "*processo de interação social entre duas pessoas na qual uma delas, o entrevistador tem por objetivo a obtenção de informações por parte do outro, o entrevistado*" (Haguette, 1997), conseguindo obter dados subjetivos, que se relacionam com os valores, atitudes e opiniões de quem é entrevistado.

A preparação da entrevista requer alguns cuidados como o seu planeamento, a disponibilidade do entrevistado em fornecer a entrevista e a organização das questões. Sendo esta uma etapa que requer algum tempo e tendo um grau elevado de importância na pesquisa, foi realizada com cuidado de modo a reunir todas as condições favoráveis (Lakatos & Marconi, 1996). Houve um cuidado na formulação e na elaboração das questões, evitando perguntas arbitrárias, ambíguas, fora do contexto ou tendenciosas, existindo uma continuidade com um sentido lógico durante a condução da entrevista (Boni & Quaresma, 2005).

Foi aplicado um protocolo de entrevista semiestruturada. Este tipo de entrevista procura detalhar as questões de modo a obter uma formulação mais precisa dos conceitos relacionados, combinando perguntas abertas e fechadas, com a possibilidade de desenvolver melhor cada tema. Deste modo, existe um certo grau de liberdade por parte do entrevistado, conseguindo-se explorar a questão de um modo mais amplo e assim, gerar-se uma conversa informal onde o entrevistador deverá assumir uma postura de ouvinte evitando interferir frequentemente o entrevistado. Esta técnica é utilizada quando se procura obter o maior número de informações sobre um determinado tema, através da visão de quem é entrevistado, e também para se conseguir obter mais detalhadamente o assunto em questão (Boni & Quaresma, 2005; Minayo, 1993).

Através das entrevistas com especialistas, procurou-se recolher informação qualitativa, proporcionando assim uma melhor visão e compreensão sobre a realidade deste sector em Portugal (Duarte, 2004).

Tendo em conta os objetivos estabelecidos por este estudo, foram entrevistados 11 especialistas (ver Tabela 1) de 7 empresas/ organizações diferentes pertencentes a três distintas áreas de trabalho: Centro de Manutenção, Fornecedor de Serviços e Associação Aeronáutica. Houve também o cuidado de procurar dentro dos Fornecedores de Serviços diferentes áreas de operação, englobando diferentes zonas de intervenção na aeronave, desde trabalhos mais específicos como revestimentos ou sensores, até áreas mais globais como os componentes e até mesmo áreas que estabelecem a ligação entre a indústria e o utilizador, como o *design*.

Tabela 1 - Lista de Entrevistados.

Abreviatura	Área de Trabalho da Empresa	Área de Trabalho do Entrevistado
CM1	Centro de Manutenção	Manutenção de Motores
CM2.1	Centro de Manutenção	Manutenção de Motores
CM2.2	Centro de Manutenção	Manutenção de Cabines/ Estruturas
CM2.3	Centro de Manutenção	Reparação e Manutenção
CM2.4	Centro de Manutenção	Melhoria Contínua
CM2.5	Centro de Manutenção	Gestão de Inovação
FS1	Fornecedor de Serviços - Design	Design
FS2	Fornecedor de Serviços - Componentes	Direção Geral
FS3	Fornecedor de Serviços - Revestimentos	Direção Geral
FS4	Fornecedor de Serviços - Sensores	Direção Geral
AA	Associação Aeronáutica	Direção Geral

Apesar de terem sido recolhidas 11 entrevistas de 7 empresas/ organizações diferentes, no total foram contactadas 23 empresas/ organizações. Esta diferença consiste na indisponibilidade em termos de tempo por parte de alguns entrevistados e empresas e também devido à ausência de resposta e/ ou falta de interesse em colaborar.

Tal como referido anteriormente as entrevistas desenrolaram-se segundo o método de amostragem em 'Bola de Neve', podendo ser observado na Figura 6 a demonstração da cadeia de interações ao longo do desenvolvimento deste estudo.

Encontra-se também representado as duas zonas de amostragem, onde a primeira zona representa a população contactada inicialmente e a segunda zona a população que foi contactada a partir da população da primeira zona.

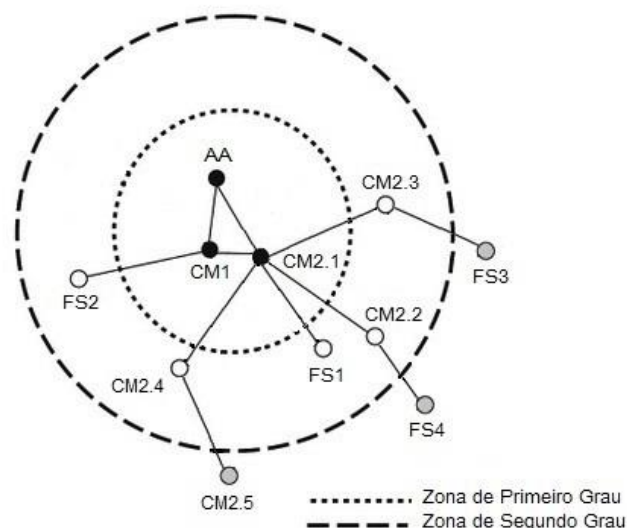


Figura 6 - Demonstração da cadeia de interações realizada neste estudo através do método de amostragem em 'Bola de Neve'. Fonte: elaborado pelo autor.

Tendo sido aplicado um protocolo de entrevista semiestruturada, procurou-se adaptar o guião consoante a área de trabalho da empresa e do entrevistado. De forma a obter uma formulação mais precisa dos conceitos relacionados, foi necessário em algumas questões entrar num maior detalhe, combinando entre perguntas abertas e fechadas e dando a possibilidade de desenvolver melhor cada tema, de modo a que a informação qualitativa recolhida junto dos especialistas, proporcione uma melhor visão e compreensão sobre a realidade deste sector em Portugal.

5. Discussão de Resultados

O principal objetivo deste estudo é a análise das dinâmicas de inovação na indústria aeronáutica, mais concretamente no sector da manutenção, utilizando Portugal como estudo de caso uma vez que se trata de um país com uma indústria aeronáutica pouco desenvolvida. Como tal, procurou-se junto de empresas e organizações nacionais, ligadas ao sector aeronáutico, compreender a evolução das dinâmicas de inovação neste sector que, sobretudo, tem uma atividade baseada na manutenção e num contexto de seguidor na adaptação a novas tecnologias.

Através do guião de entrevista (ver Anexo D), pretendeu-se estudar e analisar o comportamento do sector da manutenção, analisando principalmente a adaptação, o impacto e o resultado que a inovação provoca num sector aeronáutico residual, como em Portugal ou num país com uma estrutura semelhante. É necessário entender as barreiras presentes e ter em conta a importância do avanço tecnológico e dos desafios que caracterizam esta indústria.

As questões e os temas abordados foram estruturados segundo 4 categorias: Indústria, Manutenção, Inovação e Futuro. Cada uma destas categorias encontra-se inserida na categoria anterior, procurando inicialmente obter uma visão global, e posteriormente aprofundar cada tópico, focando-se na área crítica do estudo.

5.1. Indústria

Nesta primeira secção do guião de entrevista, procurou-se compreender a situação atual da indústria aeronáutica, no contexto mundial e mais especificamente em Portugal, de modo a ter uma perspetiva inicial sobre os diferentes pontos de vista em relação à situação atual vivida na indústria aeronáutica.

Uma vez que esta indústria é fortemente regulada através de certificações e manuais emitidos pelos fabricantes das aeronaves, criando barreiras e requerendo um esforço bastante grande às empresas que tentam entrar e competir neste mercado é preciso compreender que o sector aeronáutico, desde o seu primeiro terço do século XX, pode ser definido através de cinco características (Alfonso-Gil, 2006):

1. Compartilha as mesmas características de um bem público, uma vez que surgiu das necessidades estratégicas de defesa de uma nação;
2. O formato jurídico em que a maioria das principais empresas do sector têm operado, quer seja do público ou do privado;
3. As peculiaridades da organização industrial deste sector, distinguindo-o de outros sectores produtivos;
4. A importância que a ciência e a tecnologia têm no sector;
5. É o papel importante que os territórios e os seus agentes desempenham na criação, consolidação e reestruturação da indústria aeronáutica.

Contudo, a alta tecnologia, *a priori*, não depende necessariamente do mercado⁴. Pode ser independente deste, desde que exista o apoio governamental e financeiro tanto para o processo produtivo como para a aquisição do produto. No que respeita ao processo de inovação, quando uma invenção é impulsionada através de I&D, produção e funções de venda para o mercado sem a devida consideração se satisfaz ou não uma necessidade, denomina-se por *technology push*⁴. Em contraste, uma inovação baseada no conceito de *market pull* é desenvolvida através de I&D em função de uma necessidade identificada no mercado (Martin, 1994).

⁴ Um caso emblemático e extremo de ausência no mercado numa indústria de alto nível tecnológico é a participação da antiga União Soviética na indústria, onde as aeronaves construídas foram e são de grande qualidade e de alto conteúdo técnico.

Do lado de um fornecedor de serviços, entrar no mercado desta indústria é um processo longo e difícil que pode levar muitos anos até haver retorno. Tal como representado na Figura 7, existem dois caminhos a ter em conta e que devem ser explorados.

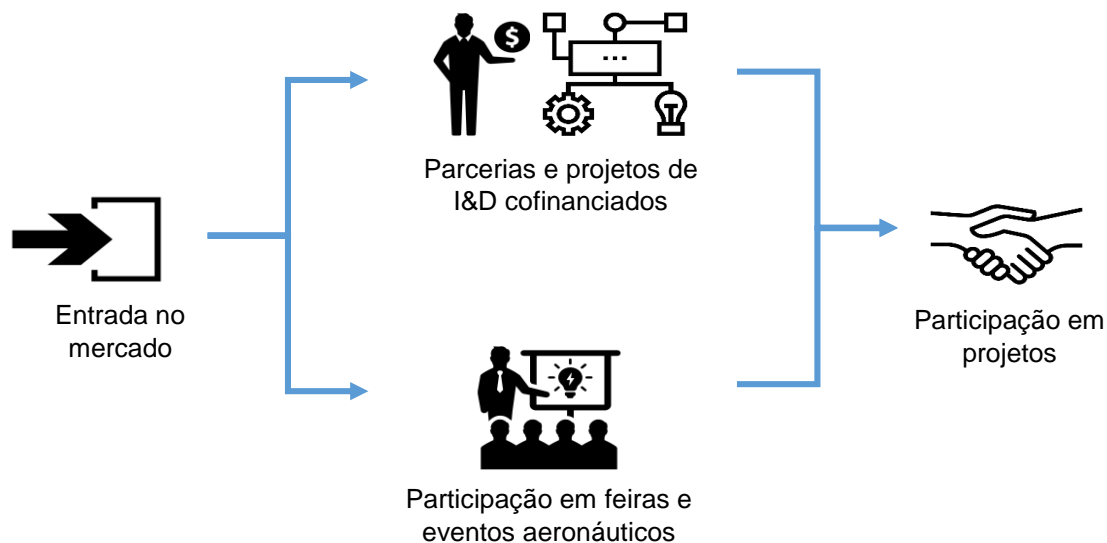


Figura 7 - Representação das abordagens a ter em conta para um fornecedor de serviços ao entrar no mercado da indústria aeronáutica. Fonte: elaborado pelo autor com base na evidência recolhida.

Um dos caminhos consiste em entrar no mercado através de parcerias com empresas de grande dimensão que já estejam totalmente integradas no mercado, nomeadamente através de projetos de I&D cofinanciados. Os projetos do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN – Portugal 2020) são um dos exemplos que mais apoiou este tipo de empresas a entrar no mercado, através da valorização do conhecimento, da ciência, da tecnologia e da inovação, promovendo assim o desenvolvimento económico e sociocultural e como consequência aumentando a qualidade e eficiência, e abrindo novas oportunidades e parcerias que impulsionem estes projetos de I&D para patamares superiores dentro da indústria aeronáutica (Entrevistado FS1). Através deste caminho existe a possibilidade de as empresas se integrarem gradualmente na indústria, de modo a que a sua aprendizagem e o seu crescimento seja contínuo e progressivo, evitando que sejam cometidos erros que possam ser fatais para uma empresa que se encontre numa situação de inserção ou de afirmação no mercado aeronáutico (Entrevistado FS2).

Por outro lado, pode optar-se por um caminho diferente através da participação em feiras e eventos aeronáuticos. Apesar de requerer um grande investimento inicial, quer em termos económicos como de tempo despendido em deslocações, participações e desenvolvimento de trabalho, ao final de algum tempo existe retorno, devido ao reconhecimento presencial nos eventos e ao trabalho apresentado, recebendo contactos e participando em projetos e parcerias. Normalmente, dependendo da área de atuação da empresa, os primeiros contactos surgem com fornecedores especializados num dado serviço ou componente que tenha ligação direta com um fabricante aeronáutico (Entrevistado FS1; Entrevistado FS2).

Apesar de em grande parte das áreas onde Portugal atua não existirem dificuldades do ponto de vista técnico, isto é, não existir nenhum impedimento ao nível tecnológico para Portugal participar na cadeia de abastecimento uma vez que o nível de complexidade tecnológica é muito semelhante em relação aos participantes na cadeia, existem duas barreiras à entrada. A principal barreira é a inexistência de uma cultura aeronáutica, ou seja, a ausência de uma forte tradição aeronáutica, onde não existe uma situação cultural de fabrico de aeronaves portuguesas. No entanto, Portugal tem quadros qualificados nesta área e, historicamente, apresenta feitos aeronáuticos relevantes⁵ (Entrevistado CM2.2). A segunda barreira consiste na falta de reconhecimento nacional e internacional - *“Para existir uma fileira industrial que seja reconhecida internacionalmente, normalmente o primeiro passo consiste na solidez nacional.”* (Entrevistado AA).

A maior parte dos ativos industriais que atuam no setor aeronáutico têm uma percentagem baixa dentro do seu *core business*, sendo a manutenção (segundo Prahalad & Hamel (1990)) uma atividade de suporte à competência principal e essencial da organização. Tal como referido na taxonomia de Patel & Pavitt (1994) as trajetórias tecnológicas e as oportunidades de inovação das empresas são entendidas como sendo fortemente condicionadas pelo *core business* e o tamanho da empresa. Geralmente, o *core business* destes ativos industriais encontra-se ligado às áreas da energia ou do automóvel. No entanto, Portugal começa a desenvolver industrialmente para o exterior quando começa a organizar uma oferta nacional conjunta. Inicialmente, procurava-se ser o melhor em ‘X’, ‘Y’, ou ‘Z’, não existindo a vontade de apresentar um esforço e competências conjuntas e afirmar-se como o melhor em ‘sistemas XYZ’, por exemplo. Contudo, posteriormente, começou-se a agregar empresas nacionais de modo a ganhar massa crítica, procurando entrar no mercado não só através do aspeto puramente comercial mas também através de projetos de investigação, desenvolvimento e inovação (IDI) (Entrevistado AA). Através deste agrupamento de entidades, consegue-se alcançar e reforçar uma vantagem competitiva, acrescentando valor e formando inter-relações fortes entre diversos grupos presentes neste sector (Porter, 1990).

Através da formação de um consórcio com entidades de pequena dimensão mas com competências muito específicas, trabalhando diretamente com uma empresa de topo mundial adquirem-se vantagens como uma maior assimetria presente nos projetos de desenvolvimento. Através desta assimetria, um projeto que dura dois ou três anos para desenvolver um componente específico ou uma competência específica vai, tendencialmente, implicar que as empresas de grande dimensão incorporem estas entidades com quem desenvolveram e trabalharam em parceria. Como referido anteriormente, os fabricantes aeronáuticos nem sempre procuram a empresa que seja mais capaz. (Copernicus Technology, 2016). Nesses projetos de IDI as competências do nicho são muito mais visíveis e Portugal poderá aproveitar a vantagem que as empresas nacionais têm ao ter o conhecimento e a flexibilidade para desenvolver produtos novos ou produtos passíveis de serem integrados numa cadeia de valor já existente (Entrevistado AA; Entrevistado CM2.3).

⁵ Como a primeira travessia aérea do Atlântico Sul concluída com sucesso, pelos aeronautas Gago Coutinho e Sacadura Cabral, em 1922.

5.2. Manutenção

O sector aeronáutico em Portugal centra-se, principalmente, em torno de empresas que desenvolvem atividades de manutenção e que tendem em acompanhar as necessidades inerentes dos operadores aéreos de nível primário. A atividade de manutenção acaba por ser uma necessidade, isto é, uma consequência inevitável, tratando-se de uma das áreas mais reguladas a nível mundial (Entrevistado CM2.1).

5.2.1. Relação com o fabricante

Uma vez que os centros de manutenção estão condicionados pelo fabricante procurou-se entender de que forma se encontra organizada a manutenção, com especial atenção a relação e o peso que o fabricante tem nesta atividade.

Através das certificações, o fabricante decide quais os componentes e as aeronaves que os centros de manutenção têm autorização para reparar, limitando todo o esforço presente neste tipo de atividade. De modo a prolongar o tempo de vida de uma aeronave, cabe também ao fabricante divulgar as modificações que os operadores devem implementar para prolongar esse limite de vida. Quem tem o conhecimento e quem autoriza e emite os documentos para que os centros de manutenção executem os passos do procedimento, é o fabricante. As organizações de manutenção guiam-se pelos manuais fornecidos pelo fabricante de modo a que a aeronave fique aeronavegável, isto é, que esteja apta para voo mesmo que existam algumas anomalias. Estas anomalias podem estar presentes na aeronave desde que sejam controladas e autorizadas pelo fabricante, não interferindo assim na aeronavegabilidade da aeronave (Entrevistado CM2.2; Entrevistado CM2.3).

O centro de manutenção só intervém num dado componente se o manual do fabricante assim o indicar. Caso não exista indicação, cabe ao centro de manutenção contactar o fabricante para que seja dada a autorização e ser dado o procedimento para poder intervir nesse componente (Entrevistado CM2.2). Contudo, *“hoje em dia, os manuais estão cada vez mais simples. Por vezes, existe a indicação de que certas tarefas devem ser executadas unicamente com determinadas ferramentas, equipamentos ou técnicas, que por vezes só os fabricantes ou empresas com ligações ao fabricante, é que possuem.”* (Entrevistado CM2.3)

Existindo manuais de reparação cada vez mais simples e direcionados para a utilização de novas ferramentas e equipamentos desenvolvidos pelo fabricante, os centros de manutenção poderão ser apanhados desprevenidos, sendo, de um certo ponto de vista, como que ‘obrigados’ a contratar os serviços ao fabricante, aumentando assim o poder e influência que este tem na realização da atividade da manutenção. Caso surjam tarefas de manutenção não planeada, segundo (Papakostas et al., 2009) pode provocar atrasos que poderão ter um grande impacto financeiro caso não haja uma correção a tempo.

Caso a manutenção não planeada seja em componentes específicos, como cadeiras ou sistemas eletrónicos, onde não esteja prevista a intervenção no manual de reparação, deve ser contactado o fabricante desses componentes, uma vez que o fabricante da aeronave poderá não ter o conhecimento e capacidade para poder intervir. Deste modo, os centros de manutenção poderão ter que recorrer a serviços de manutenção dos fabricantes destes componentes mais específicos, apesar de ser da responsabilidade do centro da manutenção conseguir adaptar-se a estes imprevistos e conseguir cumprir com as obrigações, quer a nível de ferramentas, equipamentos ou técnicos com formação (Entrevistado CM2.2).

O fabricante, ao longo do desenvolvimento de uma aeronave, procura trabalhar em conjunto com os centros de manutenção, de modo a recolher o conhecimento, as ideias e a experiência que estes centros possam fornecer. Em Portugal, e em toda a indústria em geral, existe uma longa tradição de os centros de manutenção participarem em projetos e iniciativas inovadoras por parte de fabricantes. Existe a necessidade de um utilizador final para a realização de testes e, no caso de Portugal ou de um país com a dimensão e capacidade de Portugal, as companhias existentes são pequenas e operam num espaço aéreo muito exigente em termos de aviação – a Europa – sendo crucial existirem boas relações de cooperação com os fabricantes (Entrevistado CM2.2; Entrevistado CM2.5).

No trabalho diário da manutenção surgem, por vezes, ideias que permitem que a atividade de manutenção seja mais eficiente e eficaz, quer seja em ferramentas auxiliares à manutenção como em processos ou técnicas economicamente mais viáveis. Contudo, mesmo que o centro de manutenção encontre uma solução e demonstre que de facto é economicamente mais viável, dificilmente será aceite pelo fabricante sem a devida certificação. Uma vez que não existe, da parte do fabricante, um incentivo ou apoio no desenvolvimento de novas soluções juntamente com os centros de manutenção, devido ao alto investimento e risco associado por parte do centro de manutenção em todo o processo de investigação, testes e certificação para que esse método ou técnica seja autorizada, todo o investimento, tempo e esforço despendido neste processo acaba por se tornar inviável (Entrevistado CM2.2; Entrevistado CM2.3; Entrevistado CM2.4).

5.2.2. Reparar vs Descartar

Ao longo dos anos, os manuais de reparação apresentam restrições cada vez mais limitadas. Devido aos novos tipos de *design*, assim como a procura da otimização das peças e dos componentes, existe um maior rigor que, por consequência, exige um menor limite de reparação, levando a que uma peça ou componente seja mais facilmente descartada. *“Nota-se, cada vez mais, que as peças para reparação são logo descartadas. Existe menos manutenção e reparação, e estão cada vez mais peças a ir diretamente para a sucata.”* (Entrevistado CM2.3).

Além deste maior rigor nas especificações de reparação, através de novos processos de fabrico, por vezes, existem peças que têm um custo de reparação superior ao custo de aquisição de uma peça nova. Como a reparação dessa peça é economicamente inviável, apesar de se encontrar dentro dos limites de reparação, essa peça é descartada e marcada como sucata (Entrevistado CM2.3).

Todos os anos são fisicamente descartadas peças (sobretudo de motores) no valor de milhões de euros. A taxa de sucata destas peças varia bastante consoante o centro de manutenção, uma vez que depende sempre do manual de reparação do fabricante e da decisão do cliente. A capacidade de reparação interna e, especialmente, se o centro de manutenção é ou não afiliado ao fabricante original do equipamento (*OEM – Original Equipment Manufacturer*) poderá influenciar se as peças recebidas para reparação sejam reparadas ou rejeitadas e marcadas como sucata, apesar de potencialmente serem reparáveis de acordo com os manuais do *OEM* (AviTrader, 2012).

Apesar de não existirem dados que suportem a afirmação do entrevistado sobre o aumento da percentagem de sucata proveniente dos centros de manutenção, os fabricantes de aeronaves estão preocupados com o aumento de aviões para sucata, unindo esforços de modo a diminuir as aeronaves para desmantelamento e a aumentar a taxa de reciclagem dos mesmos.

Segundo a *Boeing*, num prazo de 20 anos, estima-se que 41% da frota se retire, devido à procura, por parte de companhias aéreas, de aeronaves mais eficientes. Este fluxo de aeronaves para desmantelamento deve-se, sobretudo, ao ciclo tecnológico (AFRA, 2014). Esta variação cíclica corresponde aos períodos de inovação identificados por Schumpeter (1934) que observou que as inovações tecnológicas não se encontravam distribuídas uniformemente ao longo do tempo ou ao longo de todas as indústrias, aparecendo agrupadas periodicamente.

Existe uma oportunidade significativa para as empresas investirem no desmantelamento e reciclagem das aeronaves, evitando que estas fiquem estacionadas e paradas em locais (normalmente desertos) fora da Europa, nomeadamente, África, América do Sul e Ásia (AFRA, 2014). A reciclagem de aeronaves está prevista ser rentável nos próximos anos devido ao elevado valor em peças e componentes (motores, trens de aterragem, travões e pneus, principalmente), assim como ao grande volume existente que poderá ser um fator importante no despoletar deste tipo de serviço (Jeanvré, 2012).

Quando as despesas de manutenção começam a ser elevadas e constantes, assim como a crescente necessidade de atualizar a aeronave quer na incorporação de novas tecnologias como na renovação do interior, aliado ao facto de a aeronave ser cada vez menos eficiente e poder não ser viável a sua conversão em aeronave de carga⁶, só existem duas opções: armazenar ou reciclar.

Normalmente, opta-se pela primeira opção, quer seja por ainda não haver uma decisão definitiva sobre o que fazer com a aeronave, quer pelo possível aumento, num futuro próximo, da procura de aeronaves em fim de vida por parte de mercados emergentes, como os mercados na Ásia, África ou América Latina. No entanto, armazenar é apenas uma opção provisória e pode ser dispendioso devido aos custos de armazenamento (AviaAM, 2013). A reciclagem da aeronave, além de custar menos do que armazenar, poderá trazer lucro, uma vez que este tipo de mercado está a tornar-se cada vez mais eficiente e por consequência, rentável, existindo atualmente projetos-piloto onde a taxa de reciclagem alcançou os 85% (Jeanvré, 2012).

⁶ Apenas 20% das aeronaves comerciais podem ser potencialmente convertidas em aeronaves de carga (AviaAM, 2013).

5.2.3. Impacto e esforço na adaptação de novas tecnologias

Nesta secção pretende-se identificar as alterações ou adaptações que tiveram maior impacto a nível da manutenção. Uma vez que a margem para a criatividade neste sector é limitada, procurou-se também compreender o esforço na adaptação ao desenvolvimento tecnológico e o impacto causado pelas dinâmicas de inovação no sector da manutenção da indústria aeronáutica.

Na Tabela 2 apresenta-se a informação recolhida sobre as alterações e adaptações, esforços e impacto da inovação na manutenção. A tabela foi elaborada apenas com as opiniões recolhidas dos entrevistados de centros de manutenção, uma vez que se procurava reunir informação sobre as alterações/ adaptações, esforços e impactos da inovação no sector da manutenção da indústria aeronáutica. Procurou-se também que a área de trabalho dos entrevistados fosse a mais variada possível de modo a abranger diferentes atividades da manutenção.

Tabela 2 - Dados recolhidos de entrevistados de Centros de Manutenção sobre as alterações/ adaptações, esforços e impacto da inovação na manutenção

Abreviatura	Área de trabalho da Empresa - Entrevistado	Adaptações/ Alterações	Impacto	Esforço
CM1	Centro de Manutenção - Manutenção Motores	Novos métodos de ensaios.	Possibilidade de realizar novos métodos de ensaios, evitando a subcontratação do trabalho.	Investimento a nível da formação e da capacidade. Poderá ser necessário modificar ou criar novas instalações.
CM2.1	Centro de Manutenção - Manutenção Motores	Filosofia Modular.	Manutenção facilitada. Acesso localizado apenas à área que necessita de manutenção.	Aquisição de novas ferramentas.
CM2.2	Centro de Manutenção - Manutenção Cabines/ Estruturas	Novos métodos de detecção de anomalias.	Acompanhamento da evolução tecnológica através da introdução de estruturas em compósito em vez de estruturas metálicas.	Formação de técnicos certificados para a realização das tarefas de manutenção com os novos métodos.
CM2.3	Centro de Manutenção - Reparação e Manutenção	Manutenção de peças e componentes feitos de materiais compósitos.	Novos métodos de trabalho e diferentes métodos de inspeção e reparação.	Aquisição de novas ferramentas e equipamentos de suporte à manutenção, e aprendizagem de novas técnicas de manutenção.
CM2.4	Centro de Manutenção - Melhoria Contínua	Mudança de paradigma - Manutenção Curativa para Manutenção Preventiva.	Ter o conhecimento de quando determinado sistema ou componente irá falhar e intervir antes que isso aconteça.	Entrar na área da <i>Big Data</i> , analisar toda a informação que milhares de unidades irão fornecer e perceber quais é que vão ter impacto na atividade de manutenção.
CM2.5	Centro de Manutenção - Gestão de Inovação	Reformulação da cadeia de valor de uma MRO.	Redução das interrupções operacionais devido a falhas técnicas da aeronave.	Superar as barreiras presentes na implementação de inovações e tentar unir diferentes áreas de modo a aproveitar os benefícios de cada uma.

Por norma, “o grande salto e impacto que a manutenção sofre em termos tecnológicos deve-se, principalmente, à introdução de uma nova aeronave.” (Entrevistado CM2.4). No entanto, quando surge um novo método de ensaio é verificada a capacidade do centro de manutenção e é avaliado o investimento que será necessário fazer a nível de formação de técnicos e ao nível das instalações, pois poderá ser preciso adaptar ou construir de raiz instalações próprias. Caso a aeronave possua alguma tecnologia que não têm capacidade para lidar, o trabalho de manutenção para essa dada tecnologia é subcontratado (Entrevistado CM1).

De todas as alterações ou adaptações mencionadas, aquela que obrigou a uma transição e a uma mudança radical, foi o aparecimento, nos últimos 30 anos, de motores comerciais com filosofia modular. Através desta filosofia, os tempos de manutenção em motores diminuíram, sendo possível ter acesso a diferentes partes do motor sem intervir ou retirar grande parte das peças que o compõem (Entrevistado CM2.1). Esta transição obrigou ao desenvolvimento e à aquisição de novas ferramentas de modo a melhorar esta nova capacidade. No entanto, os motores mais antigos, daqui a uns anos deixarão de estar em uso, exigindo um esforço, tanto da parte do centro de manutenção como da parte do fabricante, devido à escassez de peças sobresselentes para a realização da manutenção desses motores (*Ibid.*). De modo a minimizar esse impacto, deverá ser pensado com antecedência, para que quando começarem a surgir os primeiros problemas, o centro de manutenção esteja preparado e saiba agir (*Ibid.*).

A procura e introdução de novas tecnologias nos manuais de reparação é realizada pelo fabricante. É indicado o tipo de inspeção que deve ser feita, como deve ser realizada e, normalmente, as ferramentas e os equipamentos que devem ser utilizados nessa tarefa de manutenção. As tarefas de manutenção são executadas, por técnicos autorizados, sempre ao abrigo das instruções dadas pelo fabricante nos manuais (Entrevistado CM2.2). No caso da introdução de uma nova aeronave, cabe ao fabricante divulgar e prever as tarefas de manutenção que deverão ser realizadas.

Tal como Lombardo (2008) afirma, a manutenção aeronáutica é uma indústria que não avança muito rápido do ponto de vista tecnológico. Encontra-se num estado onde o aparecimento de pequenas melhorias incrementais levam a que, lentamente, influenciem toda a manutenção, tornando-a de melhor qualidade, mais eficiente, mais rápida e economicamente mais viável. É através da incorporação de diferentes configurações, tecnologias, materiais e processos, que se consegue afetar a manutenção, podendo por um lado facilitar a substituição rápida através de conceitos modulares mas, também por outro lado, poder exigir um maior esforço na sua reparação devido à exigência em saber lidar e trabalhar com estes novos componentes (Entrevistado CM2.2; Entrevistado FS1).

Existe uma tentativa de mudar o paradigma presente atualmente na manutenção, tornando a manutenção preventiva. Como mencionou o entrevistado CM2.4, “*neste momento a manutenção não é preventiva, é curativa.*” (Entrevistado CM2.4).

Apesar de, atualmente, existir a comunicação de dados de voo de alguns sistemas da aeronave, o objetivo passa por receber o máximo de informação atualizada, de modo a que exista o conhecimento de quando determinado componente deverá falhar e, intervir antes de a falha ocorrer (Dinis, 2009). A manutenção preventiva é um conceito anteriormente utilizado na altura do pico de expansão da indústria aeronáutica em 1959, e a filosofia que hoje seria aplicada teria necessariamente que ser diferente, acompanhando a evolução observada no sector. Nessa altura, em 1959, a manutenção era orientada pelo princípio de que todas as peças, componentes e sistemas, tinham um determinado tempo de vida e, quando esse tempo chegasse ao fim, a peça seria substituída (*Ibid.*). No entanto, não existia o conhecimento e a tecnologia que existe nos dias de hoje sobre o cálculo dos padrões de falha das peças, assim como não existia a possibilidade de receber informação atualizada mesmo quando aeronave está em voo. Porém, este novo paradigma iria implicar entrar na área da *Big Data*⁷, para ser possível analisar toda a informação que milhares de unidades iriam fornecer e perceber quais as unidades que iriam ter impacto na atividade de manutenção (Entrevistado CM2.4).

5.2.4. Formação

Tendo em conta o nível de exigência tecnológico do sector, a formação é um aspeto central da análise, levando à necessidade de compreender a integração e as dificuldades na formação de pessoal qualificado para a manutenção (Yazan, 2013).

A formação dada pelo fabricante, normalmente, é dada a engenheiros qualificados que, posteriormente, dão a formação que obtiveram aos técnicos de manutenção. Existem diferentes vantagens e desvantagens na decisão de investir na formação, no entanto irá depender sempre do volume de trabalho. Devido ao alto investimento, nos centros de manutenção raramente um técnico de manutenção recebe formação exterior, a não ser que seja para algo muito específico (Entrevistado CM2.1; Entrevistado CM2.3).

Quem recebe formação e transmite, posteriormente, aos funcionários, fica condicionado devido à sua ausência, levando a que, por vezes, o trabalho acumule, como refere o entrevistado CM2.1, “*É difícil conciliar as ausências dos formadores com o seu dia-a-dia de trabalho.*” (Entrevistado CM2.1).

. Por outro lado, um país como Portugal consegue retirar vantagens da sua língua e dar formação a países lusófonos (Entrevistado CM2.1).

⁷ A *Big Data* é um termo utilizado para nomear conjuntos de dados muito grandes ou complexos, que os aplicativos de processamento de dados tradicionais ainda não conseguem lidar.

Segundo a *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, a capacidade de formação em 2010 ficou abaixo do número necessário para satisfazer as necessidades mínimas previstas em 2030 (Copernicus Technology, 2016). Assim, também a formação passa por ser um desafio no futuro, não só devido à introdução de novas tecnologias e regras no sector e na dificuldade de alocação de mão-de-obra especializada (Cheung et al., 2005), como também à mentalidade adotada nestes últimos anos por parte de países europeus. A Europa tem vindo a mudar lentamente, começando a ter algumas semelhanças com os países asiáticos, nomeadamente na procura de mão-de-obra flexível e barata, contrastando com os países norte-americanos onde se investe e valoriza-se a experiência que se tem no sector aeronáutico (Entrevistado CM1).

5.3. Inovação

Ao longo do tempo, além de uma redução significativa nos custos e no combustível, poucas medidas de desempenho têm sofrido alterações. Esta aparente falta de inovação no ramo aeronáutico poderá sugerir que esta indústria se encontre num nível de maturação elevado. Porém, a recente falta de inovação pode também ser considerada como um motivo de interesse e como um impulsionador para superar os desafios criados por uma indústria deste tipo (Walker, 2002).

De modo a estudar e a analisar estes pressupostos, procurou-se junto dos entrevistados compreender a inovação numa indústria peculiar como a aeronáutica e, principalmente, compreender como a inovação se encontra integrada no sector da manutenção.

Além de tentar compreender a maneira como a manutenção lida com o desenvolvimento de novos produtos, procurou-se também identificar inovações que tenham tido origem na manutenção e entender como estas se associam e acompanham a evolução e o desenvolvimento tecnológico.

5.3.1. Desenvolvimento de novos produtos

O grande dinamismo inovador da indústria aeronáutica é comprovado pelo crescente nível de exigência do mercado comercial e militar, que procura aeronaves cada vez mais seguras, económicas e eficientes (Ferreira, 2009). Dado o elevado nível de segurança exigido nas aeronaves, a indústria aeronáutica apresenta um carácter bastante conservador, exigindo elevados níveis de qualidade, comprovados por demorados e dispendiosos testes, certificações e qualificações que restringem o nível de criatividade em empresas ligadas à inovação neste sector (Entrevistado CM1). Estes elevados custos e riscos associados ao desenvolvimento de uma nova tecnologia, como referido anteriormente, poderão ser uma das causas da aparente estagnação da indústria aeronáutica (Kroo, 2004).

Uma vez que é difícil fugir a certos parâmetros, é o fabricante que faz e desenvolve todo o tipo de inovação. Como *“não há inovação sem haver implementação.”* (Entrevistado CM2.5), normalmente, o fabricante procura parcerias com outras entidades como universidades (técnicas de inspeção) ou

centros de manutenção e reparação (processos especiais de fabrico, como tratamentos eletroquímicos, revestimentos térmicos ou soldaduras) (Entrevistado CM1). Este tipo de parcerias costuma englobar empresas que estão na área há muito tempo e que sabem se adaptar a alterações do mercado e assimilar a entrada de novas tecnologias. No entanto, este tipo de empresas é uma exceção, uma vez que existem estudos sobre dinâmicas de inovação ao longo do tempo que mostram que empresas em indústrias tecnologicamente maduras se tornam cada vez mais vulneráveis a ameaças de novas empresas que entrem no mercado (Murman et al., 2000).

Uma das parcerias mais importantes no desenvolvimento de um produto, uma aeronave por exemplo, é cooperação entre os centros de manutenção e o fabricante. Como “*os grandes construtores aeronáuticos têm cada vez menos tempo direto para inovar.*” (Entrevistado CM1) contactam os centros de manutenção para os auxiliarem, com a sua experiência e conhecimento, no processo de desenvolvimento. Além dos centros de manutenção, também existe a procura de incluir operadores e outras entidades que trabalhem na área do desenvolvimento e inovação (Entrevistado CM2.2). Os fabricantes aeronáuticos procuram associar-se com outras entidades que estejam ligadas à inovação, independentemente do nível de complexidade. Este nível de complexidade encontra-se associado ao número de componentes integrados no produto e à forma como estes se combinam e procuram a melhor performance funcional. Assim, é possível obter produtos cada vez mais complexos à medida que o progresso tecnológico avança ao longo do tempo (Oliveira & Bernardes, 2002).

Através destas associações são desenvolvidas determinadas inovações que o fabricante não iria ter tempo, ou até mesmo capacidade (se for algo muito específico) para as desenvolver (Entrevistado CM1). É de realçar que as empresas com um melhor desempenho e cotação dentro deste tipo de indústria, são aquelas que têm os sistemas mais desenvolvidos e capazes para determinarem e selecionarem as inovações que não vão ao encontro das necessidades e expectativas dos clientes. Uma inovação não é aceite pelos clientes, até estar comprovada dos benefícios que poderá acrescentar, existindo uma preferência por melhorias através de incrementos de baixo risco (Christensen, 1997).

A área da manutenção tem um papel fundamental durante este processo. O fabricante não só absorve o conhecimento e a informação para o desenvolvimento do produto, como irá receber, por parte da manutenção, os *inputs* sobre se determinadas ferramentas ou técnicas de reparação poderão causar problemas ou ter implicações no futuro. Por vezes, as ferramentas ou técnicas que o fabricante pensava serem as indicadas, podem não ser as que melhor se adequam a uma dada atividade de manutenção ou em determinadas condições de operação (Entrevistado CM2.2).

Vai existir sempre por parte das organizações e centros de manutenção a obrigação de comunicar e dar o seu *feedback* do produto ao fabricante. O fabricante vai ter sempre conhecimento do que aconteceu, do que está a acontecer e do que irá acontecer com o seu produto (Entrevistado CM2.2). Através desta recolha de informação por parte dos diversos operadores, o fabricante ao longo do tempo irá atualizar o seu manual de reparação consoante os *feedbacks* que tenha recebido. É fundamental que quaisquer discrepâncias no manual sejam reportadas de modo a que essa falha ou erro seja controlado e corrigido. Caso essa situação esteja relacionada e comprometa a segurança da aeronave,

deverá ser contactada a entidade superior (no caso da Europa, a *EASA - European Aviation Safety Agency*) (*Ibid.*).

Da parte das entidades que lidam e trabalham diretamente com os fabricantes, existe uma margem de manobra restrita. “*Quando se trabalha diretamente com a manutenção, não há espaço para a criatividade. Trabalha-se by the book.*” (Entrevistado CM2.2). Existem certificações complicadas, nomeadamente relacionadas com a segurança e, como tal, é difícil fugir a certos parâmetros. A inovação apesar de ser arriscada neste tipo de indústria é necessária e poderá inspirar a criação de alternativas e conceitos diferentes dos existentes (Kroo, 2004). Estas mudanças podem estar associadas a requisitos e normas ambientais ao nível da diminuição de ruído e emissões de gases, assim como também poderá estar associada à capacidade do sistema de transporte aéreo (Entrevistado FS1).

Fazer algo de raiz, que tenha que ser certificado, é muito dispendioso. Normalmente, fazem-se pequenas alterações em algo que já exista e esteja certificado, pois através de incrementos de tecnologia de produto, é possível encontrar oportunidades significativas, apesar da oportunidade para criar configurações e conceitos radicais possa ser limitada (Entrevistado FS1). Por exemplo, no caso dos bancos, ao alterar-se apenas a forma ou o *design* da espuma interior ou a forma plástica exterior, é possível certificar por semelhança, não sendo necessário realizar testes destrutivos. Além de se poupar bastante tempo, consegue-se evitar um investimento avultado com estas pequenas alterações. Portanto, existe alguma margem de criatividade e de inovação da parte destas entidades, mas sempre muito restrita (*Ibid.*). Estando a engenharia aeronáutica nesta fase de maturação, poderá ter como características e oportunidades de inovação a introdução destes incrementos de tecnologias de produto para melhorar a produtividade e qualidade do produto, processos tecnológicos ou inovações tecnológicas de modo a criar produtos substitutos de qualidade superior (Murman et al., 2000). Convém nunca esquecer que as inovações desenvolvidas, quando aplicadas, vão ter uma grande longevidade com um horizonte temporal de 30 a 40 anos (Entrevistado FS3).

Quando surgem estes projetos e parcerias onde as entidades se associam com os fabricantes, estas entidades, como são especialistas numa dada área de trabalho, tecnologia ou técnicas de fabrico, por vezes deparam-se com uma área que não dominam totalmente. Quando estas situações ocorrem, procura-se integrar as entidades relacionadas com esse novo conceito e incorpora-lo no projeto (Entrevistado FS1). No caso do desenvolvimento de um produto específico, fazem-se provas de conceito de produto e é testado com diferentes *players* aeronáuticos no sentido de validar ideias – este processo é muito importante do ponto de vista do produto (Entrevistado FS4). A maior dificuldade no desenvolvimento de um produto é a barreira da certificação. Por norma, inicialmente aplica-se na aviação militar e, posteriormente na aviação civil, uma vez que os militares certificam os próprios sistemas, ou seja, é o próprio cliente a certificar o que irá usar (*Ibid.*). Como referido anteriormente, uma característica importante na dinâmica da inovação militar é a elevada assimetria na incorporação de tecnologias existentes em aeronaves da mesma geração (Ferreira, 2009).

No caso da aviação civil fica sempre dependente das novas gerações de aeronaves, como o exemplo dos sistemas de sensorização (Entrevistado FS4), referido anteriormente, que poderiam permitir a mudança de paradigma na manutenção mas que a nova geração de aeronaves não está atualmente preparada para este tipo de tecnologia (Entrevistado CM2.4).

Na aviação comercial existe uma característica que a distingue da aviação militar: recolhe muita informação e utiliza muito pouca. Normalmente só utilizada em situações de falha onde é necessária uma análise forense (Entrevistado FS4).

5.3.2. Inovação em Centros de Manutenção

Num país com a capacidade e dimensão de Portugal, “os centros de manutenção acabam por ser ‘centros de execução’.” (Entrevistado CM1), recebendo o manual do fabricante e executando os procedimentos que estão descritos. No entanto, tal como abordado anteriormente, os manuais mais recentes revelam, por vezes, pouco rigor e, talvez devido à pressão económica, existe uma falta de controlo e de verificação por parte das autoridades aeronáuticas. Esta situação leva a que surjam ocorrências⁸ que os utilizadores e operadores tenham que alertar e dar os *inputs* necessários para melhorar a informação e os procedimentos dos manuais (Entrevistado CM1).

Contudo, existe bastante desenvolvimento a nível interno. Como referido anteriormente, as inovações desenvolvidas por um fabricante nas aeronaves que comercializa, podem ser consideradas como uma inovação centrada no fabricante. No entanto, quando se considera as inovações desenvolvidas em alguns sistemas ou equipamentos para uso interno, podem ser categorizadas como sendo inovações centradas no utilizador (Hippel, 2005). Assim sendo, o método de trabalho e os sistemas utilizados para as operações de manutenção ficam encarregues a cada centro de manutenção, tendo liberdade para inovar e adaptarem-se às exigências e ao rigor presente nesta indústria (Entrevistado CM2.1).

Em Portugal, existe a integração e a adaptação às novas tecnologias, permitindo que sistemas de gestão de produção se tornem cada vez mais eficientes e eficazes. Além do acompanhamento da evolução tecnológica de sistemas relacionados com planeamento e otimização de mão-de-obra, consegue-se reduzir tempos e minimizar custos com pequenas alterações, como a utilização de sistemas de voz para texto ou sistemas RFID (*Radio-Frequency Identification*) (Entrevistado CM2.1).

Ultrapassando as dificuldades de implementação, nomeadamente relacionadas com o fator humano, onde a inércia impede que as pessoas aceitem a mudança, a inovação e a adaptação de novas

⁸ Através do Entrevistado CM1 foi relatada uma situação, onde era necessário realizar uma inspeção para verificar a presença de corrosão na superfície inferior da asa. Como, segundo o manual, o procedimento consistia em realizar um ensaio de imersão, o fabricante foi alertado para esta ocorrência, pois iria obrigar à construção de um tanque onde fosse possível mergulhar uma asa de um avião.

tecnologias aos processos de manutenção, poderá trazer benefícios no futuro. *“Uma forma de rentabilizar este conhecimento e competências que temos em Portugal é fazer inovação de forma mais profissional e oportunista.”* (Entrevistado CM2.5)

Por exemplo, a fim de minimizar que toda a troca de informação e de dados seja realizada através de papéis, existem atualmente sistemas implementados que permitem que os técnicos recebam tarefas de manutenção em aparelhos eletrônicos, como *tablets*, e possam, através da voz, passar toda a informação para texto automaticamente (Entrevistado CM2.1). Através deste sistema consegue-se facilitar o registo de todas as peças de um componente que acabe de chegar ao centro de manutenção, evitando a perda de tempo na verificação e no registo manual de todos os *serial-number* e *part-numbers* de cada peça. Os serviços e sistemas desenvolvidos internamente procuram evitar que exista perda de informação, tornando a atividade de manutenção mais rápida e mais eficiente (*Ibid.*).

Apesar da inovação e o desenvolvimento de novos produtos partir do fabricante, os centros de manutenção começam a aperceber-se que muitas dessas iniciativas podiam ser desenvolvidas com berços de financiamento ao abrigo dos programas europeus. A ingenuidade que os centros de manutenção tinham ao longo da colaboração com os fabricantes tem vindo a mudar (Entrevistado CM2.5). Existe a necessidade de os centros de manutenção terem algumas contrapartidas mais visíveis com a participação nestes projetos, porque no final o fabricante alcança o seu objetivo e o centro de manutenção tem que pagar ao fabricante aquilo que tinha a ajudado a testar (*Ibid.*).

“Se as empresas em Portugal tiverem interesse em inovar e acrescentar valor por via do conhecimento, têm forma de o fazer. Não pode haver a desculpa que não há dinheiro quando existe bastante apoio por parte de programas de financiamento europeu. É preciso empenho e desenvolvimento de propostas e, sobretudo, abrirem-se para o exterior, onde a colaboração tem um papel fundamental.” (Entrevistado CM2.5)

5.3.3. Integração de tecnologias

A implementação de uma tecnologia, seja a modificação de uma aeronave existente ou uma característica de uma nova aeronave, irá ter repercussões tanto para o fabricante como para o operador. Por exemplo, as novas tecnologias de produção podem ajudar a reduzir os custos do fabricante, ou o novo *design* de uma asa poderá reduzir o custo de combustível do operador (Entrevistado CM2.2). No entanto, por outro lado, a implementação de uma tecnologia irá resultar em custos adicionais, tais como custos de investimento por parte do fabricante (novas ferramentas, equipamentos, entre outros), como por parte do operador (custos de manutenção e peças sobresselentes, por exemplo) (Henke, 2012). Algumas tecnologias podem trazer vantagens desde a sua implementação, uma vez que podem economizar peso e diminuir o uso de matérias-primas, contudo poderá existir algumas tecnologias que só irão compensar no futuro através de taxas, preço de combustível, mão-de-obra, etc. (Entrevistado CM2.2).

Por vezes, existem alterações que procuram rentabilizar toda a aeronave, englobando inúmeras modificações, como a conversão de uma aeronave de passageiros para uma aeronave de carga. Quando um operador lida com uma conversão desta dimensão, tem de pedir uma DOA (*Design Organisation Approval*) ao fabricante para que seja feito um projeto de conversão da aeronave (Entrevistado CM2.2). A organização de manutenção executa o projeto de acordo com as instruções dadas pelo fabricante (ver Anexo E), sendo também fornecidas todas as instruções, após modificação da aeronave, relativas à manutenção da aeronave, de modo a que esta se mantenha aeronavegável. Se, nas instruções dadas, estiverem tecnologias ou técnicas que o centro de manutenção não tenha capacidade para executar, esses serviços deverão ser contratados a entidades que estejam certificadas (*Ibid.*).

Qualquer implementação de uma nova tecnologia requer uma avaliação cuidada de modo a analisar as repercussões provocadas pela introdução dessa tecnologia (Entrevistado FS2). Deverá ser analisada em comparação com uma aeronave sem essa tecnologia, sendo as repercussões calculadas tendo em conta todos os benefícios e prejuízos que poderão ocorrer durante todo o tempo de vida da aeronave, assim como todos os custos (correntes e não correntes) que estão associados. Tendo efetuado o cálculo sob um determinado conjunto de pressupostos, o resultado irá permitir chegar à decisão de avançar ou não com o desenvolvimento e aplicação dessa tecnologia (Henke, 2012).

5.3.4. Desafios

A inovação na manutenção, neste momento, tem como principal desafio a dificuldade de se desenvolver à medida que os produtos também se vão desenvolvendo. Se a manutenção não se adaptar, não consegue acompanhar este desenvolvimento, quer seja a nível de formação, técnicas ou ferramentas (Entrevistado CM2.2).

Como referido anteriormente, é difícil compreender os picos de inovação e as mudanças tecnológicas presentes nesta indústria que, de certa maneira, alteram a visão e dão uma nova direção à evolução tecnológica neste sector. Estas alterações não acontecem de uma maneira constante ou gradual no tempo, dependem principalmente de fatores externos ligados à capacidade de inovação tecnológica neste tipo de indústria (Balaguer, 2008).

Como a indústria aeronáutica tem umas características especiais quanto à inovação tecnológica, como por exemplo, a alta regulamentação no mercado e ciclos longos de maturação tecnológica, o processo de I&D acabou por adquirir um funcionamento distinto daquele observado na maioria das outras indústrias, mesmo nas de alta tecnologia (Balaguer, 2005). Neste tipo de indústria, antes que as atividades de I&D competitivas, como o desenvolvimento de produto, sejam realizadas, é necessário desenvolver tecnologias de modo a assegurar um nível de maturidade adequado, minimizando os riscos dos projetos (Rosenberg, 2006).

A alocação de técnicos de acordo com a sua formação é um dos principais desafios presentes na manutenção, sobretudo, devido à ponderação que tem que existir na mobilização dos funcionários. Outro desafio consiste na identificação dos caminhos críticos, podendo comprometer componentes

cruciais como os motores ou a estrutura da aeronave. Este tipo de desafios afeta, principalmente, o planeamento, podendo criar atrasos que prejudicam e influenciam toda a operação e atividade de manutenção (Entrevistado CM2.2).

Existe um conceito contraditório presente na indústria aeronáutica que acaba por ser um desafio na compreensão e na superação dos desafios futuros. Por um lado, a cultura da aviação, tradicionalmente, estimula a colaboração entre empresas, existindo uma longa tradição de cooperação nesta indústria (Entrevistado CM2.5). A aviação é uma indústria tão complexa que só com colaboração supra nacional é que é possível desenvolver uma aeronave ou procedimentos de operação num avião que sejam padrão em todo o mundo, por exemplo. No entanto, atualmente, a indústria entrou numa fase em que os próprios fabricantes de aeronaves passaram a ser concorrentes das companhias aéreas, nomeadamente na área da manutenção aeronáutica (*Ibid.*). Esta mudança fez com que o espírito de inovação, que era propiciador de inovação, viesse a ser posto em causa, fazendo com que as companhias aéreas começassem a retrair-se cada vez mais. Uma indústria que tem uma grande tradição de cooperação passa agora a ter um comportamento defensivo (*Ibid.*).

Em Portugal, apesar de haver uma tentativa de mudar este paradigma (Entrevistado CM2.4) e de tentar que sejam as empresas a procurar fabricantes e parceiros, existe uma cultura fechada que atua como barreira ao desenvolvimento de inovações (Entrevistado CM2.5).

5.4. Futuro

5.4.1. Desenvolvimento da indústria aeronáutica em Portugal

A existência de um crescente número de alterações e processos de desenvolvimento a decorrer nos dias de hoje do que nos últimos 15 ou 20 anos jogam a favor de Portugal num futuro próximo. A aviação mantém-se praticamente inalterada desde os anos 60, não havendo mudanças significativas relativamente à velocidade e altitude (Entrevistado AA). Apesar de haver uma melhoria significativa a nível da eficiência através da diminuição do consumo de combustível e do ruído (Walker, 2002), como referido anteriormente, poucas medidas de desempenho têm mudado ao longo do tempo, tendo a fisionomia e geometria da aeronave permanecido praticamente inalterada (ver Anexo F) (Kroo, 2004).

Toda a evolução tecnológica que se tem assistido é benéfica para um país como Portugal. A possibilidade de entidades ligadas a áreas que têm suscitado um interesse cada vez mais acentuado na indústria aeronáutica, como a área dos sensores por exemplo, possibilita oportunidades para empresas portuguesas (Entrevistado FS4). Este tipo de áreas não necessitam de uma monotorização elevada, nem é necessário ser uma empresa de grande dimensão com uma grande estrutura. As áreas que operam com *softwares* por exemplo, possibilitam que em Portugal haja empresas capazes de competir com qualquer outra empresa a nível global (Entrevistado AA).

Apesar de a mentalidade estar a mudar, *“Portugal é péssimo a fazer inovação. Apesar de sermos muito bons a fazer investigação, não existe um mindset de criar coisas.”* (Entrevistado AA). É

necessário de continuar a mudar esta mentalidade e começar a ganhar capacidade inovadora. Talvez por uma questão de cultura ou de mentalidade, Portugal é um país avesso ao risco. Criamos pouco para a capacidade que temos (Entrevistado AA).

Apesar de estar bem localizado a nível europeu, o mesmo não se passa no transporte de passageiros para o mercado asiático. Contudo, na área da manutenção a localização não é um problema, o principal obstáculo é a dependência do fabricante, uma vez que depende dele se determinada tecnologia pode ou não ser utilizada num centro de manutenção (Entrevistado CM2.1). Apesar da dependência dos centros manutenção quanto ao fabricante, é muito importante a existência desta ligação. A relação deve ser constantemente alimentada para que exista uma sinergia de esforços e para que estejam ocorrentes dos desenvolvimentos que se encontram em progressão (Entrevistado CM2.2).

Além da ligação ao fabricante, em Portugal também tem que se ter atenção ao tipo de cliente que existe, devendo a manutenção acompanhar consoante o tipo de negócio existente. Uma área na qual Portugal poderá especializar-se e que se encontra a crescer gradualmente, é a da aviação executiva. A aviação executiva possui uma oferta mais restrita, existindo oportunidades de renovação dos interiores que possuem uma rotatividade de apenas de dois anos (Entrevistado AA).

É a partir desta atenção para com o cliente que se prevê uma mudança na indústria aeronáutica. Até aos dias de hoje, este tipo de indústria sempre foi muito centrada no operador e pouco no passageiro. No entanto, prevê-se uma mudança neste aspeto, passando a estar focada em torno do passageiro, melhorando o seu conforto e a experiência de voo. Os novos aviões vão começar a ser pensados sempre com a ideia de melhorar a experiência do passageiro em termos de cabine e ruído, obrigando a que existam alterações, nomeadamente nos motores, cabine, materiais utilizados, estrutura e design (Entrevistado CM2.5).

Além desta mudança também as diferentes iniciativas que há na Europa acerca da otimização do espaço aéreo europeu têm que ser vistas de uma perspetiva integrada pois irá implicar todos os sectores desta indústria – quem constrói o avião, quem opera, quem gere o tráfego aéreo, manutenção, etc. (Entrevistado CM2.5). A utilização de novas estruturas como os compósitos (Entrevistado CM2.3), implica que as exigências de minúcias para este tipo de tecnologias e o conhecimento necessário sejam enormes, criando muitas dificuldades na manutenção (Entrevistado AA).

Dado que *“no futuro, a quantidade avassaladora de dados que a indústria da aviação vai ter acesso, vai influenciar muito a forma de funcionamento da indústria”* (Entrevistado CM2.5) e uma vez que *“as empresas ainda não estão preparadas para isso.”* (Ibid.), procurou-se junto dos entrevistados conhecer a sua opinião pessoal quanto ao desenvolvimento da indústria aeronáutica em Portugal, assim como os objetivos que devem ser alcançados e propostos por um país com a capacidade e dimensão de Portugal.

A informação recolhida encontra-se apresentada abaixo, na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados recolhidos de entrevistados sobre a linha de desenvolvimento futura e os objetivos de um país como Portugal na Indústria Aeronáutica

Abreviatura	Área de trabalho da Empresa - Entrevistado	Linha de desenvolvimento futura	Objetivos
AA	Associação Aeronáutica	"Não existe a cultura em Portugal de crescer e alcançar uma dimensão mundial. Temos que apostar em coisas mais pequenas mas que criem valor."	"Devem ser criadas sinergias e devemos ser mais objetivos, definir um objetivo e alcança-lo. Ganhar dimensão através da rede, criar laços, pensar em grande e ser o melhor do mundo a fazer algo."
CM1	Centro de Manutenção - Manutenção Motores	"Numa perspetiva futura, Portugal não tem dimensão para evoluir em termos tecnológicos."	---
CM2.1	Centro de Manutenção - Manutenção Motores	"Em termos de manutenção e desenvolvimento, dificilmente um país como Portugal poderá destacar-se no contexto mundial."	"Tentar que fabricantes ou empresas (que façam componentes para aeronáutica) de grande dimensão se fixem em Portugal."
CM2.2	Centro de Manutenção - Manutenção Cabines/ Estruturas	"Portugal tem a tendência de olhar para a criação de sinergias e a união de esforços como um custo em vez de um investimento que poderá trazer benefícios no futuro."	---
CM2.3	Centro de Manutenção - Reparação e Manutenção	"Deve existir um foco bem definido. Portugal deve-se centrar num único fabricante e especializar-se numa dada área de modo a que seja um centro de excelência do fabricante."	---
CM2.5	Centro de Manutenção - Gestão de Inovação	"Portugal poderá adaptar-se e acompanhar a evolução na indústria através da formação de pessoas."	"Dotar as pessoas com as melhores competências possíveis, de modo a ajudar as companhias aéreas a abraçar novos desafios. A chave para se conseguir ultrapassar estas novas dificuldades está nas pessoas."
FS1	Fornecedor de Serviços - Design	"Participação em projetos internacionais, possibilitando conhecer diversos fabricantes de diferentes áreas."	"Aumentar cada vez mais o <i>know-how</i> . Numa indústria como a aeronáutica, o conhecimento é muito importante, uma vez que o objetivo passa por estar na frente das futuras tendências."
FS3	Fornecedor de Serviços - Revestimentos	"Procurar parcerias de desenvolvimento quer a nível nacional como internacional."	"Obter novas certificações para poder operar e trabalhar noutros componentes."

5.4.2. Tendências e perspectivas futuras

Além dos desafios que foram mencionados ao longo deste estudo, é importante entender as tendências e as mudanças que poderão ocorrer na indústria aeronáutica e, mais concretamente, no sector da manutenção.

Uma vez que os *OEMs* procuram, progressivamente e continuamente, que os seus produtos tenham um tempo de vida cada vez maior durante a fase em serviço, tornando-os mais fiáveis, não surpreende a inovação contínua que existe no sector da manutenção na indústria aeronáutica, sobretudo em pequenas empresas que fornecem ou prestam apoio a atividades de manutenção aeronáutica (Prime Industries, 2016).

Devido ao longo processo de desenvolvimento patente nesta indústria, nos próximos 10 anos não deverão existir mudanças significativas. No entanto, se falarmos de um horizonte temporal de 30 anos, é possível haver algumas mudanças que poderão resultar num novo *design* dominante (Abernathy & Utterback, 1978). Como referido anteriormente, quando este tipo de inovação surge, obriga a uma 'revolução' no mercado, mesmo ao nível dos concorrentes e dos inovadores (Entrevistado AA). Estas alterações poderão surgir de várias formas, quer nas estruturas das aeronaves, por exemplo na fisionomia das asas, quer nos meios de produção, como por exemplo com a introdução da tecnologia de manufatura aditiva (*ALM – Additive Layer Manufacturing*) (*Ibid.*). A grande mudança desta tecnologia vão ser os processos de cálculo na engenharia que vão ter que mudar radicalmente. Hoje em dia são calculadas tensões com métodos que têm 70 ou 100 anos, mas com o surgimento desta tecnologia vão ter que surgir novos métodos de cálculos (*Ibid.*).

Tem surgido, através da manufatura aditiva, inúmeros projetos aeronáuticos com vista a desenvolver cada vez mais esta tecnologia, com o objetivo de produzir peças de aeronaves mais leves e mais rentáveis, podendo também melhorar a eficiência da produção evitando que haja escassez de componentes em linhas de montagem (ver Figura 8) (Sander, 2015).

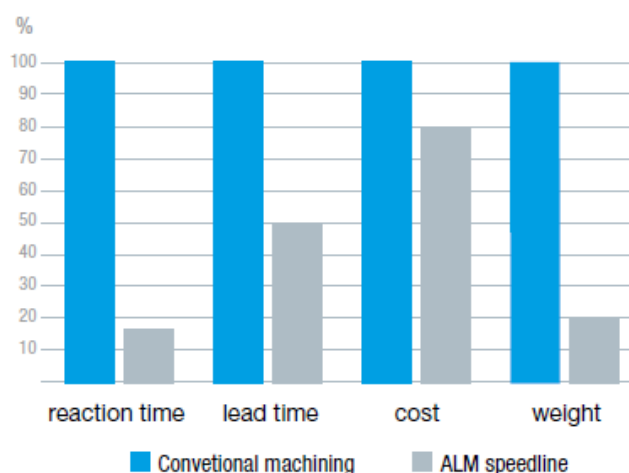


Figura 8 - Comparação entre a manufatura aditiva e os métodos convencionais relativamente ao tempo de reação, lead time, custo e peso. Fonte: (Sander, 2015)

Através desta tecnologia é possível (Sander, 2015):

- Cumprir prazos de entrega mais curtos, uma vez que não serão necessárias ferramentas ou moldes de produção devido à regeneração da peça num ambiente virtual 3D;
- Utilizar menos material devido ao processo aditivo de produção;
- Reduzir o impacto ambiental durante o processo de fabrico;
- E produzir peças mais leves devido ao seu *redesign* biomimético⁹ e estrutural e à escolha dos materiais utilizados.

A manufatura aditiva representa uma mudança de paradigma no *design* da estrutura, pois permite a reprodução de formas complexas que a natureza levou milhões de anos a evoluir até à estrutura ideal para uma dada tarefa e atividade. A redução de peso que a biomimética permite – para pelo menos uma rigidez estrutural igual – irá diretamente originar um menor consumo de combustível, reduzindo assim o impacto ambiental e os custos operacionais das companhias aéreas (Sander, 2015). Com um *design* biomimético é possível ter vantagens durante a produção, através de manufatura aditiva, de uma peça de suporte (ver Figura 9) com uma redução de peso de 45%, um aumento de 30% na sua rigidez estrutural e apenas um desperdício de 5% de matéria-prima inicial usada (*Ibid.*).



Figura 9 - Exemplo de uma peça de suporte produzida através de manufatura aditiva e com um design biomimético em comparação com uma peça pelos métodos convencionais. Fonte: (Sander, 2015).

⁹ A biomimética é a área que estuda os princípios criativos e estratégicos da natureza, visando a criação de soluções para os problemas atuais da humanidade, unindo funcionalidade, estética e sustentabilidade (Bar-Cohen, 2006).

Através desta área multidisciplinar conseguimos alongar esta nova abordagem para além da conceção de peças personalizadas. Com o tempo, irão surgir *designs* onde toda a estrutura poderá ser criada imitando estruturas como a estrutura óssea das aves, que é ao mesmo tempo leve e forte, levando a que a tensão flua até aos pontos que são necessários (Sander, 2015). Assim, usando estruturas biomiméticas, a fuselagem da aeronave terá a força que precisa e onde é precisa, tornando possível a adição de novas características como janelas panorâmicas e portas com dimensões maiores de modo a facilitar o embarque. A prova disso são os novos conceitos que atualmente existem (ver Figura 10) sobre a projeção de aeronaves com estas filosofias, revolucionando a forma de operar desde o fabrico até à manutenção (*Ibid.*).

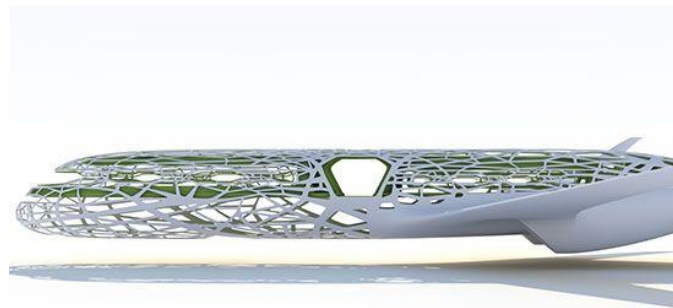


Figura 10 - Aeronave projetada segundo designs biomiméticos. Fonte: (Sander, 2015).

Além da adoção de novas abordagens e tecnologias, existe também, cada vez mais, a inclusão de sistemas SHM (*Structural Health Monitoring*) nos materiais, de modo que a incorporação de sensores nesses materiais (Entrevistado FS4), como anteriormente abordado, possam fornecer informação sobre a necessidade de manutenção. Este tipo de sistemas não era considerado crítico quando se lida com materiais homogêneos (materiais metálicos, por exemplo), no entanto através da incorporação de materiais heterogêneos na indústria aeronáutica, este processo fica mais complicado. Os materiais compósitos não se degradam todos à mesma velocidade, nem existem sinais que alertem para a ocorrência de falhas, sendo às vezes impossível detetar danos ou falhas do lado exterior (Entrevistado AA).

Existe também uma tendência para processos de otimização, principalmente quando os custos de infraestrutura e de equipamentos são muito elevados. Pode-se perder facilmente entre 30 a 40% do tempo útil da peça mas, por segurança, é utilizado apenas 60 ou 70%, resultando em custos avultados (Entrevistado AA). Um exemplo deste tipo de processos é a vontade em acelerar os processos de substituição e reduzir o armazenamento de peças de reposição. Como tal, tem sido testada a impressão 3D, nomeadamente em peças da cabine, como persianas, bandejas e apoios de braço – componentes que precisam ser substituídos com bastante frequência, e que por vezes, são uma das razões principais relacionadas com os atrasos inesperados de voos (Prime Industries, 2016).

Tal como os processos, também as ferramentas têm sido sujeitas a novas abordagens – como é o caso dos GSE (*Ground Support Equipment*). Este tipo de equipamentos de suporte facilitam as

operações de manutenção e reparação de aeronaves (Baticon-Ramos & Fendall, 2015). Tradicionalmente, estas ferramentas são feitas de materiais pesados uma vez que os principais critérios para estas ferramentas são a sua robustez e os custos de fabrico. No entanto, começa a haver a tendência, por parte dos utilizadores, em ferramentas mais eficientes e eficazes, considerando não só o custo de fabrico mas também o custo de utilização da ferramenta (*Ibid.*).

Foi fabricado, pela primeira vez, um apoio ao trem de aterragem em fibra de carbono (ver Figura 11), reduzindo o peso de 25kg para 9,4kg. Além de ser mais leve, é mais fácil de manusear, reduzindo o número de técnicos alocados a essa tarefa de 5 para 1.

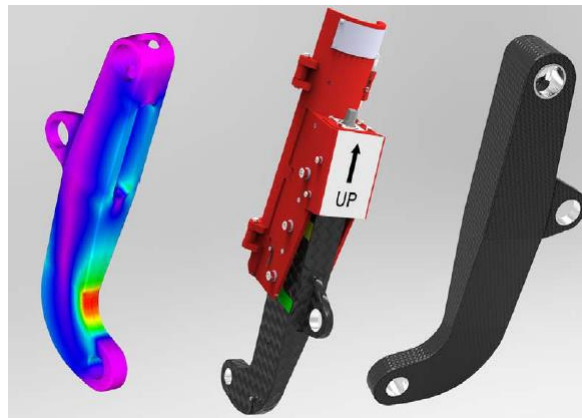


Figura 11 - Trem de aterragem em fibra de carbono. Fonte: (Baticon-Ramos & Fendall, 2015)

Além do exemplo acima, existem ferramentas GSE desenvolvidas para diferentes atividades de manutenção. No caso dos ensaios e testes, foram criados sistemas que inibem os efeitos negativos da criação de vórtices durante os testes efetuados a motores. Eliminando a vibração provocada pelo vórtice quando o motor está ao nível do chão, consegue-se efetuar testes com velocidades superiores em 200% relativamente a um teste normal (Baticon-Ramos & Fendall, 2015).

Dado que o motor é, possivelmente, o componente mais importante e mais complexo de uma aeronave, a maior parte das inovações no sector da manutenção centram-se à volta dos motores. Existe o cuidado de auxiliar e facilitar a manutenção, ao mesmo tempo que se tenta reduzir os tempos e custos associados a essas tarefas (Baticon-Ramos & Fendall, 2015).

É neste sentido que se tentam integrar tecnologias existentes noutros sectores e indústrias, como a utilização da realidade aumentada (ver Figura 12). Esta tecnologia integra dados 3D da aeronave, de ferramentas, instruções de manutenção e guias sobre ferramentas GSE. Através desta aplicação é possível reconhecer o ambiente de trabalho real e sobrepor uma animação da instalação de componentes e utilização de ferramentas de modo a auxiliar as equipas de manutenção e ajudando na verificação do processo. Ajuda, sobretudo, a reduzir significativamente o tempo de interpretação e compreensão das tarefas de manutenção (Baticon-Ramos & Fendall, 2015).



Figura 12 - Utilização da tecnologia de realidade aumentada para auxiliar as tarefas de manutenção. Fonte: (Baticon-Ramos & Fendall, 2015)

Quando os centros de manutenção se deparam com manutenções não planeadas em componentes críticos como os motores, podem surgir atrasos devido à falta de disponibilidade existente no hangar para a realização da manutenção. Apesar da manutenção destes componentes necessitar de ser realizada em condições confortáveis, secas e com temperatura amena, é possível realizar a manutenção ao ar livre (Baticon-Ramos & Fendall, 2015). Contudo em certos locais com condições extremas não é possível, originando atrasos devido à espera de disponibilidade no hangar. Devido a estas necessidades foi criada uma tenda insuflável (ver Figura 13), permitindo assim a manutenção com condições semelhantes ao interior de um hangar, independentemente das condições atmosféricas no exterior. Deste modo evitam-se atrasos na espera por disponibilidade e, por vezes, evitam-se taxas altas ao nível do hangar (*Ibid.*).



Figura 13 - Tenda insuflável para manutenção exterior de motores. Fonte: (Baticon-Ramos & Fendall, 2015)

É através destas necessidades que, como referido na literatura, existe a possibilidade de introduzir incrementos de tecnologia de produto, sendo possível encontrar oportunidades significativas apesar da oportunidade para criar configurações e conceitos radicais poder ser limitada. Deve existir uma aproximação ao cliente para entender qual o verdadeiro valor que o desenvolvimento de tecnologias, métodos e ferramentas eficazes possam acrescentar às necessidades do cliente (Murman et al., 2000). Como (Davies & Hobday, 2005) afirmam, este tipo de produtos não são produzidos em massa para um utilizador final, são projetados e construídos com base em projetos *ad-hoc* para produção de unidades únicas ou de pequenas quantidades customizadas para clientes que, ao contrário do utilizador final comum, se envolvem diretamente no processo de desenvolvimento e de inovação deste tipo de produtos. Deste modo, as empresas com um melhor desempenho e cotação dentro deste tipo de indústria, são aquelas que têm os sistemas mais desenvolvidos e capazes para determinarem e selecionarem as inovações que não vão ao encontro das necessidades e expectativas dos clientes (Christensen, 1997).

Tal como já foi referido, devido ao facto das aeronaves serem compostas por uma variedade de componentes e sistemas, esta indústria beneficia da tecnologia gerada internamente e também das inovações desenvolvidas por outras indústrias, como a mecânica e eletrónica (Mowery & Rosenberg, 2005). Foi deste modo que os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), também conhecidos por drones, ganharam um foco por parte das entidades que realizam manutenção (Prime Industries, 2016).

Os drones podem ajudar a mitigar os custos e a reduzir o tempo gasto na manutenção, reparação e, sobretudo, na inspeção de aeronaves. Uma inspeção manual a uma aeronave pode levar entre 4 a 6 horas, enquanto com o auxílio de drones a mesma tarefa pode estar concluída em apenas meia hora. Apesar de os drones não realizarem de facto o trabalho de manutenção, podem ter um papel de veículo de transporte, transportando peças que sejam necessárias até diferentes áreas do hangar, reduzindo o tempo de transporte e auxiliando as tarefas de manutenção (Prime Industries, 2016). Contudo, é no campo da análise e da inspeção que podem ser importantes através da localização de áreas problemáticas. A fuselagem das aeronaves, devido às variações de pressão atmosférica durante a aterragem e o levantar voo, acrescentando a ocorrência de relâmpagos e granizo devido a condições atmosféricas extremas que, por vezes as aeronaves estão sujeitas, são um dos componentes que necessita de um cuidado e verificação constante (*Ibid.*). Com o auxílio de drones equipados com *scanners* 3D, é possível percorrer os 120m² (tamanho médio) de uma aeronave, fornecendo um mapeamento complexo da aeronave com imagens 3D que ajude a identificar possíveis danos. Através deste processo obtém-se um resultado mais preciso e reduz-se o tempo de inspeção, uma vez que este processo leva menos de 1 hora a estar concluído em comparação com as 4 a 5 horas de inspeção manual com *scanners* (*Ibid.*).

Além das tendências e perspetivas futuras presentes em novas técnicas, materiais, produtos ou tecnologias, também no sector do transporte aéreo se prevê mudanças que poderão influenciar toda a estrutura da indústria aeronáutica. Nos últimos 50 anos o transporte aéreo tem duplicado a cada 15 anos, no entanto estima-se que este número venha a aumentar (Entrevistado AA). A indústria aeronáutica, em termos de desenvolvimento a longo prazo, irá crescer cada vez mais, focando-se sobretudo no Oriente. Países emergentes como o Dubai, Indonésia e Índia, estão a crescer e as suas classes

sociais a enriquecer. Deste modo, vai haver um número elevado de pessoas a conseguir ter capacidade para começar a viajar. Do lado Oeste, apesar de existir uma tendência para que o crescimento da população comece a estagnar, continua a existir um crescimento no transporte aéreo (Entrevistado CM2.1).

Este aumento do transporte aéreo contribuiu, indiretamente, para que os dois principais fabricantes aeronáuticos tenham identificado antecipadamente que não conseguem fazer face às encomendas a partir de 2025 por parte dos operadores para lidar com este crescimento. Assim, estando as cadeias de abastecimento esgotadas, vai obrigar à entrada de novos *players* na aviação, podendo ser uma oportunidade para Portugal aproveitar (Entrevistado AA). Ao contrário dos outros sectores, o sector aeronáutico, com a crise que tem ocorrido, tem sofrido uma queda mais atenuada, sentindo-se os seus efeitos apenas entre 6 meses a 1 ano depois da queda dos outros sectores (*Ibid.*).

A necessidade de inovações revolucionárias e verdadeiramente eficazes no sector da manutenção aeronáutica torna-se, dia após dia, cada vez mais vital. Segundo o relatório de 2013 da *International Air Transport Association* (IATA), operações de manutenção específicas que foram realizadas de forma errada ou que não foram feitas quando seriam necessárias, contribuíram para 10% dos 432 acidentes investigados entre 2009 e 2013, sendo que 29% desses acidentes devem-se ao mau funcionamento de componentes na aeronave. O relatório também destaca uma tendência crescente na “*colocação de demasiado esforço no procedimento da documentação em vez do trabalho que está a ser realizado fisicamente na aeronave*”.

É muito difícil de prever o futuro da indústria aeronáutica, no entanto, esperam-se tempos onde os principais desafios se debruçam sobre preocupações relativas à segurança e também à falta de técnicos devidamente qualificados e com experiência (Copernicus Technology, 2016).

Apesar de a inovação não ser a única resposta a estes problemas, esta não poderá estagnar nem abrandar. A inovação deve ser incentivada para que continue a desenvolver-se e a crescer, de modo a sustentar a segurança, melhorar a fiabilidade operacional e, naturalmente, a reduzir os custos da manutenção e reparação aeronáutica (Copernicus Technology, 2016).

6. Conclusões

O presente trabalho procurou estudar as dinâmicas de inovação no sector da manutenção, utilizando Portugal como estudo de caso e integrando-o no contexto internacional. Procurou também mostrar que neste tipo de sector, onde a sua atividade estratégica a nível tecnológico, comercial e industrial tem uma grande importância, existe a necessidade de estudo sobre as dinâmicas de inovação, que continuam atualmente a impulsionar a indústria aeronáutica a produzir produtos de alta tecnologia e com um amplo e variado campo de aplicação.

Apesar de Portugal não ter uma cultura aeronáutica nem ter reconhecimento internacional, o posicionamento da indústria aeronáutica nacional deverá basear-se em fatores de competitividade e de capacidade empreendedora, devendo estes fatores estar bem consolidados na inovação que podem acrescentar ao produto final. Estando a engenharia aeronáutica numa fase de maturação, poderão surgir oportunidades de inovação através da introdução de incrementos de tecnologia de produto (para melhorar a produtividade e qualidade do produto), processos tecnológicos ou inovações tecnológicas, de modo a criar produtos substitutos de qualidade superior.

Um aspeto não menos importante é a maximização da interação entre fontes de inovação (universidades, laboratórios e centros de inovação e desenvolvimento) e fontes de produção (o tecido empresarial). Uma vez que as companhias aéreas nacionais existentes são de pequena dimensão e operam num espaço aéreo muito exigente a nível mundial, é crucial que existam boas relações de cooperação entre os fabricantes e os centros de manutenção, sobretudo devido ao peso que os fabricantes têm na atividade de manutenção e reparação destes centros.

Para colocar as empresas portuguesas no sector da vanguarda tecnológica é necessário antecipar oportunidades de negócio. Uma vez que entrar no mercado de uma indústria como a aeronáutica é um processo longo e difícil para os fornecedores, deverá continuar a existir um apoio e um incentivo ao sector aeronáutico, de modo a que permita aumentar e impulsionar a presença portuguesa em projetos internacionais de I&D, promovendo as suas competências e inserindo-se nas redes globais de fornecimento da indústria aeronáutica. Este tipo de oportunidades permite que se integrem gradualmente na indústria, evitando possíveis erros que poderiam ser fatais para o seu crescimento e afirmação no mercado. O desenvolvimento e projeção da oferta portuguesa no sector aeronáutico deve estar centrada na formação de consórcios, de modo a alcançar e reforçar a capacidade inovadora e a vantagem competitiva. A prioridade passará por acrescentar valor e formar relações fortes de cooperação entre os diversos grupos presentes neste sector, apostando em parcerias e no desenvolvimento de propostas através de programas europeus.

As principais competências base da indústria nacional permitem perspetivar uma estratégia futura para as empresas portuguesas em segmentos de mercado tais como (INTELI, 2009): estruturas aeronáuticas; ferramentas e equipamentos de apoio à produção e manutenção; interiores aeronáuticos (inovação a nível do layout, módulos, *design*, engenharia e fabrico); manutenção (no sentido de gestão de frota e do ciclo de vida dos equipamentos); módulos funcionais específicos (sistemas mecânicos,

pneumáticos, elétricos, etc.); reconfiguração de aeronaves; e *software* (sistemas elétricos e eletrônicos específicos).

Uma vez que a margem para criatividade neste sector é limitada, através deste estudo concluiu-se que as alterações ou adaptações que tiveram maior impacto na manutenção encontram-se relacionadas, sobretudo, com a introdução de novos materiais, conceitos ou filosofias. No caso dos materiais, a mudança de estruturas metálicas para estruturas em compósitos obrigou à utilização de novos métodos de inspeção e reparação, e ao investimento a nível de formação e aquisição de ferramentas e equipamentos. Por sua vez, a implementação de um novo conceito ou filosofia, obriga a uma mudança mais brusca ao nível de operação, obrigando a uma reformulação na forma de operar que, por vezes, pode ser difícil implementar (devido às barreiras presentes), mas que irá trazer novas abordagens e métodos de trabalho mais eficientes, assim como benefícios principalmente ao nível de reduções de tempo na execução de tarefas de manutenção.

Assim, desde a incorporação de novos materiais e técnicas de inspeção à possibilidade de ter acesso a um conjunto enorme de dados da aeronave em pleno voo, toda a estrutura e modo de funcionamento da indústria aeronáutica poderá sofrer alterações. Portugal pode e deve olhar para esta evolução tecnológica como uma oportunidade de entrar e prosperar num mercado tão exigente como o aeronáutico. E numa indústria como esta, o conhecimento torna-se crucial para ganhar vantagem, pois o objetivo passa por estar na frente do desenvolvimento das futuras tendências.

Toda esta exigência e, sobretudo, a evolução e crescimento progressivo a nível tecnológico obriga a que haja um acompanhamento por parte da manutenção. A necessidade de adquirir novos conhecimentos e tentar estar na frente de desenvolvimento desta indústria obriga a que a formação de pessoal qualificado seja um desafio no futuro.

É aqui que entra a necessidade de compreender a linha de desenvolvimento futura assim como os objetivos para um país como Portugal. Ao longo deste estudo, foram recolhidas opiniões bastante distintas. Por um lado, existe uma clara preocupação pela incapacidade a nível cultural e tecnológico de evoluir e ganhar dimensão na indústria, uma vez que existe a tendência de Portugal considerar a criação de sinergias e a união de esforços como um custo em vez de um investimento que poderá trazer benefícios no futuro. Por outro lado, existem opiniões que acreditam que Portugal, através da criação de sinergias e da formulação de um objetivo concreto onde exista um foco bem definido e uma meta a atingir, consiga adquirir uma vantagem competitiva que lhe permita criar produtos com valor, criar laços e ganhar dimensão na rede.

Olhando para o futuro, prevêem-se mudanças significativas na indústria aeronáutica. Existe a vontade de mudar paradigmas existentes (manutenção 'curativa' para manutenção preventiva) e concentrar as atenções em diferentes conceitos que até hoje não tinham sido pensados ou criados. Conceitos como a reformulação de toda a cadeia de valor de uma MRO (*Maintenance, Repair, and Operations*) ou o foco em torno do passageiro. Juntamente com os ideais já definidos em diminuir o impacto ambiental, ruído, poluição, etc., estes novos conceitos irão originar o desenvolvimento e possivelmente a criação e implementação de conceitos radicais, possivelmente à base de estruturas biomiméticas

com o auxílio de tecnologias como a manufatura aditiva, podendo acontecer o caso de surgir um novo *design* dominante.

6.1. Estudos futuros

Devido às restrições cada vez mais limitadas presentes nos manuais de reparação, existe um aumento na quantidade de peças descartadas e enviadas para a sucata. Sendo o fabricante, indiretamente, responsável por este aumento, existe uma contradição quando há por parte do mesmo fabricante um esforço na reciclagem da aeronave e na redução de sucata. Seria interessante realizar uma análise cuidada sobre as taxas de sucata de peças descartadas em tarefas de manutenção e relacionar e estudar o esforço juntamente com o aumento de oportunidades na área do desmantelamento e reciclagem de aeronaves. Se a reciclagem de aeronaves está prevista ser rentável nos próximos anos, não poderá a reciclagem de certas peças e componentes tornar-se também rentável?

Além deste comportamento contraditório por parte dos fabricantes, o comportamento defensivo presente na indústria aeronáutica poderá também ser alvo de objeto de estudo futuro. De modo a compreender a razão (cultural ou não) por detrás desta mudança, seria interessante analisar os diferentes paradigmas que dominam esta indústria. A rivalidade que se acentua entre operadores e fabricantes poderá criar problemas na sua relação, nomeadamente em entidades com uma cultura mais fechada, estagnando e criando barreiras no desenvolvimento de inovações e na cooperação entre entidades em projetos e parcerias.

Referências Bibliográficas

- Abernathy, W., & Utterback, J. (1978). Patterns of industrial innovation (pp. 40 - 47). *Technology Review*.
- ACARE. (2010). *Aeronautics and air transport: beyond vision 2020 (towards 2050)*.
- Ackert, S. (2011). The Relationship between an Aircraft's Value and its Maintenance Status *Theory of Aircraft Maintenance Adjusted Valuations*.
- Adams, C. (2009). Understanding MSG-3.
- AERO. (2008). *Aviation and the Environment: Our Commitment to a Better Future*. Boeing Aeromagazine.
- AFRA. (2014). *Aircraft Retirement Tsunami - a 1000 aircraft a year to leave service by 2023*.
- AI. (2016). O que é a Gestão da Inovação? Agência de Inovação. Retrieved from <http://www.adi.pt/2400.htm>
- Alfonso-Gil, J. (2006). *European Aeronautics: The Southwestern Axis*: Springer.
- AviaAM. (2013). *Aircraft afterlife - how to avoid missing the point of no return?*
- AviTrader. (2012). *Engine parts and scrap metal. AviTrader MRO*.
- Balaguer, D. (2005). *E o futuro, de que é feito afinal? Acerca de uma hipótese sobre a natureza do futuro e de uma proposta para prospectiva tecnológica.*, Instituto Tecnológico de Aeronáutica.
- Balaguer, D. (2008). R&D Public policies for the Aeronautical Industry: an empirical comparative analysis between Brazil, USA and Europe. *Proceedings of the International Shumpeter Society Conference*.
- Baldin, N., & Munhoz, E. (2011). *Snowball (Bola de Neve): Uma técnica metodológica para pesquisa em Educação Ambiental Comunitária*. SIRSSE.
- Bar-Cohen, Y. (2006). *Biomimetics - using nature to inspire human innovation*.
- BASI. (1994). *Human factors in aircraft maintenance: a preliminary information paper*. Bureau of Air Safety Investigation.
- Baticon-Ramos, G., & Fendall, N. (2015). Airbus GSE & tools. *FAST (Flight Airworthiness Support Technology)*, 55.
- Berg, S. (1988). *Snowball Sampling (Vol. 8)*. in Kotz S. and Johnson, N.I. (eds.) *Encyclopedia of Statistical Sciences*.
- Boni, V., & Quaresma, S. J. (2005). *Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais*.
- Brusoni, S., Prencipe, A., & Pavitt, K. (2001). Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? *Administrative Science Quarterly*.
- Caetano, R. (2012). *Produção Aeronáutica*. Universidade da Beira Interior.
- Cheung, A., Ip, W. H., & Lu, D. (2005). Expert system for aircraft maintenance services industry (Vol. 11, pp. 348-358): *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Christensen, C. M. (1992). Exploring the limits of the technology s-curve *Part I: Component Technologies*. Harvard University Graduate School of Business.
- Clarke, M., & Ryan, D. (2001). *Airline industry operations research*: Kluwer Academic Publishers.
- Clarke, M., & Smith, B. (2004). *Impact of operations research on the evolution of the airline industry*.
- Copernicus Technology. (2016). *Is aerospace short-sighted about Maintenance Innovation?* Retrieved from <http://www.copernicustechnology.com/index.php/2014-05-28-14-01-23/is-aerospace-short-sighted-about-maintenance-innovation>
- Davies, A., & Hobday, M. (2005). *The Business of Projects - Managing Innovation in Complex Products and Systems*: Cambridge University Press.

- Dijkstra, M., Kroon, L., van Nunen, J., & Salomon, M. (1991). A DSS for capacity planning of aircraft maintenance personnel.
- Dinis, D. N. C. C. (2009). *Análise do Line Maintenance Manual numa perspectiva de melhoria contínua do Programa de Manutenção Avião*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Dodgson, M., Gann, D., & Salter, A. (2008). *The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice*: Oxford University Press.
- Dosi, G. (2006). *Mudança técnica e a transformação industrial: A teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*: UNICAMP.
- Drucker, P. F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*.
- Duarte, R. (2004). Interviews in qualitative research.
- ECORY. (2009). Competitiveness of the EU aerospace industry with focus on: Aeronautics Industry, within the framework contract of sectoral competitiveness studies. General Enterprise & Industry, Munich: European Commission.
- Entrevistado AA. (26/07/2016). Entrevista a Associação Aeronáutica.
- Entrevistado CM1. (07/04/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Motores.
- Entrevistado CM2.1. (18/03/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Motores.
- Entrevistado CM2.2. (08/04/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Cabines/ Estruturas.
- Entrevistado CM2.3. (18/07/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Reparação e Manutenção.
- Entrevistado CM2.4. (19/09/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Melhoria Contínua.
- Entrevistado CM2.5. (06/10/2016). Entrevista a Centro de Manutenção - Gestão de Inovação.
- Entrevistado FS1. (28/06/2016). Entrevista a Fornecedor de Serviços - Design.
- Entrevistado FS2. (08/06/2016). Entrevista a Fornecedor de Serviços - Componentes.
- Entrevistado FS3. (28/04/2016). Entrevista a Fornecedor de Serviços - Revestimentos.
- Entrevistado FS4. (20/06/2016). Entrevista a Fornecedor de Serviços - Sensores.
- Ferreira Filho, A. (2014). A inovação tecnológica na indústria aeronáutica e a gestão da regulamentação. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- Ferreira, M. J. B. (2009). Dinâmica da inovação e mudanças estruturais: um estudo de caso da indústria aeronáutica mundial e a inserção brasileira. Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Economia.
- Flightpath 2050. (2011). *Europe's Vision for Aviation*. Retrieved from European Commission:
- Freeman, C. (1974). *The Economies of Industrial Innovation*: London: Pinter.
- Freeman, C., & Perez, C. (1988). *Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour* (pp. 38 - 66): London: Pinter.
- Gil, A. C. (1985). *Método e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas.
- Godinho, M. (2013). *Inovação em Portugal*: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Greene, J. C., Caracelli, V. J., & Graham, W. F. (1989). Toward a Conceptual Framework for mixed-method Evaluation Designs (Vol. 11, pp. 255-274). *Educational Evaluation and Policy Analysis*.
- Haguette, T. (1997). *Metodologias qualitativas na Sociologia*.
- Henderson, R., & Clark, K. (1990). Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*.
- Hendricks, V. M., Blanken, P., & Adriaans, N. (1992). *Snowball Sampling: A pilot study on cocaine use*. Rotterdam.
- Henke, R. (2012). Managing innovative technology development in aeronautics: Technology Assessment (TA) techniques.
- Hippel, E. v. (2005). *Democratizing Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hobday, M. (1998). Product Complexity, Innovation and Industrial organization (pp. 687 - 710). *Research Policy*.
- Hobday, M. (2000). Special Issue: Innovation in complex products and systems (Vol. 29). *Research Policy*.
- Hudelson, P. M. (1994). *Qualitative Research for Health Programmes*. Geneva: World Health Association.
- INTELI. (2005). *Diagnóstico do sector Aeronáutico em Portugal*.

- INTELI. (2009). Um novo sextante para a aeronáutica portuguesa. Flight Magazine.
- IPQ. (2007). Norma Portuguesa 13306:2007 "Terminologia da Manutenção". Instituto Português da Qualidade.
- Jeanvré, S. (2012). Flugzeug-Recycling - Neue Ansätze zur Rohstoffrückgewinnung.
- Jick, T. D. (1979). Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action (Vol. 24, pp. 602-611). Administrative Science Quarterly.
- Kimberly, J. R., & Evarisko, M. J. (1981). Organizational Innovation: the influence of individual, organizational, and contextual factors on hospital adoption of technological and administrative innovations.
- Kister, T. C., & Hawkins, B. (2006). Maintenance Planning and Scheduling: Streamline your organization for a lean environment: Butterworth-Heinemann.
- Knotts, R. M. H. (1999). Civil aircraft maintenance and support: fault diagnosis from a business perspective (Vol. 5, pp. 335-347). Journal of Quality in Maintenance Engineering.
- Kroo, I. (2004). Innovations in Aeronautics. Stanford University, Stanford, California.
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. d. A. (1996). *Técnicas de pesquisa*: Editora Atlas.
- Lee, S., Ma, Y., Thimm, G., & Verstraeten, J. (2008). Product Lifecycle Management in Aviation Maintenance, Repair and Overhaul (Vol. 59, pp. 296-303).
- Levandowski, N. C. (2013). Manutenção de aeronaves do transporte aéreo brasileiro - da teoria à prática.
- Lombardo, D. A. (2008). Maintenance innovations make life easier for mechanics and operators. Aviation International News.
- Martin, M. J. C. (1994). Managing innovation and entrepreneurship in technology-based firms. Wiley Series in Engineering & Technology Management.
- Marx, D. A., & Graeber, C. A. (1994). Human factors in aircraft.
- McDonald, N., Corrigan, S., Daily, C., & Cromie, S. (2000). Safety management systems and safety culture in aircraft maintenance organisations.
- McLoughlin, B., & Beck, J. (2006). Maintenance Program Enhancements.
- Minayo, M. (1993). O desafio do conhecimento científico: pesquisa qualitativa em saúde.
- Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (2005). *Trajelórias da inovação: A mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX*: UNICAMP.
- Murman, E. M., Walton, M., & Rebutisch, E. (2000). Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design engineering and manufacturing. Center for Technology, Policy, and Industrial Development, Massachusetts Institute of Technology.
- Narayanan. (2001). *Managing Technology and Innovation for competitive advantage*. University of Kansas: Prentice-Hall, Inc.
- OCDE. (2002). Frascati Manual - Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico [OCDE].
- OCDE. (2005). Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre a inovação (Terceira Edição ed.). OCDE.
- Oliveira, F. B., & Paulino, S. R. (2008). Desenvolvimento do sistema de inovação: o estabelecimento da indústria aeronáutica na região administrativa central (Vol. 21/22). Revista UNIARA.
- Oliveira, L., & Bernardes, R. (2002). O desenvolvimento do design em sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada de projetos aplicada ao programa ERJ-170/190.
- Oliveira, T. M. (2014). Participação Portuguesa no Projeto KC-390 da Embraer: Desafios no âmbito da gestão da tecnologia e da inovação: ISEG.
- Papakostas, N., Papachatzakis, P., Xanthakis, V., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2009). An approach to operational aircraft maintenance planning.
- Patel, P., & Pavitt, K. (1994). National Innovation Systems: why they are important and how they might be measured and compared (Vol. 3). Economics of Innovation and New Technology: Routledge.
- Patton, M. (1990). Qualitative evaluation and research methods (pp. 169-186).

- Phillips. (1971). *Almarin Technology and Market Structure: a study of the aircraft industry* (pp. 233). Santa Monica, California: Rand Corp: Health Lexington Books.
- Pintelon, L., Kumar, P. S., & Vereecke, A. (2006). Evaluating the effectiveness of maintenance strategies. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*: The Free Press.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*.
- Prime Industries. (2016). *The innovative use of drones in aircraft maintenance and repair*.
- Pun, K. F. (2002). An effectiveness-centred approach to maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Quana, G., Greenwoodb, G., Liuc, D., & Huc, S. (2007). Searching for multiobjective preventive maintenance schedules: combining preferences with evolutionary algorithms.
- Reis, A. (2011). *The Aerospace Industry: a descriptive and prospective empirical analysis for Portugal*. Instituto Superior Técnico.
- Robson, S., & Foster, A. (1989). *Qualitative Research in Action*. London: Hodder and Stoughton.
- Rogers, E. M., & Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of Innovations: a cross-cultural approach*: New York Free Press.
- Roque, L. (2012). *Gestão de Portfólio de Serviços de MRO (Maintenance, Repair and Overhaul) Aeronáutico: uma pesquisa ação*. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos
- Rosa, R. A., & Justa, M. A. O. d. (2014). Maintenance activities standardization of a airforce command unit.
- Rosenberg, N. (2006). *Por Dentro da Caixa Preta* (Unicamp Ed.).
- Sander, P. (2015). Additive Layer Manufacturing. *FAST (Flight Airworthiness Support Technology)*, 55.
- Santos, B. (2013). *A indústria aeronáutica em Portugal. Diagnóstico e perspectivas de desenvolvimento*. Instituto de Estudos Superiores Militares.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Sherry, L. (2002). Redirecting R&D in the Commercial Aircraft Supply Chain. Rand Issue Paper, Mimeo.
- Spreen, M. (1992). Rare populatios, hidden populations and link-tracing designs: what and why? (Vol. 36, pp. 34-58). *Bulletin Methodologie Sociologique*.
- Tam, A., Chan, W., & Price, J. (2006). Maintenance scheduling to support the operation of manufacturing and production assets.
- Thomson, S. (1997). Adaptive sampling in behavioural surveys (pp. 296-319). *NIDA Research Monograph*.
- Tsang, A. H. C. (1998). A strategic approach to managing maintenance performance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Tushman, M., & Anderson, P. (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environment (pp. 439 - 456). *Administrative Science Quarterly*.
- Utterback, J. (1996). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Vilela, J. A. B. M., Velasquez, E. A. S., Filho, J. N. M., & Kikko, F. (2010). *Manutenção em aeronaves: fator contribuinte para a segurança da aviação*.
- Walker, R., et al. (2002). *Final Report of the Commission on the Future of the United States Aerospace Industry*.
- Whipp, R., & Clark, P. (1985). *Innovation and the auto industry: Product, process and work organization*. London: Pinter.
- Yan, S., Yang, T.-H., & Chena, H.-H. (2004). Airline short term maintenance manpower supply planning.
- Yazan, A. (2013). Do social factors matter for innovation, and do they influence innovation in Aeronautics Industry? IET/CESNOVA.

Anexos

Anexo A

Conjunto alargado das atividades ligadas a diferentes tipos de gestão. Fonte: adaptado pelo autor de AI (2016).

Atividades da Gestão da Tecnologia e da Inovação

(i)	Gestão estratégica da evolução tecnológica;
(ii)	Gestão da investigação e desenvolvimento;
(iii)	Gestão do processo de desenvolvimento de novos produtos ou serviços;
(iv)	Gestão dos fatores que influenciam o sucesso da introdução de inovações tecnológicas no mercado ou na empresa;
(v)	Gestão da transferência de tecnologia entre empresa e entidades externas;
(vi)	Gestão de aprovisionamento tecnológico e escolha de sistemas e equipamentos para os processos de produção, administrativo e de gestão;
(vii)	Gestão de <i>design</i> para engenharia;
(viii)	Gestão da qualidade nos produtos e nos processos;
(ix)	Gestão de recursos humanos de elevada qualificação técnica.

Anexo B

Taxonomia de Patel & Pavitt (1994) que demonstra como as trajetórias tecnológicas e as oportunidades de inovação das empresas são entendidas como sendo fortemente condicionadas pelo *core business* e o tamanho da empresa. Fonte: Patel & Pavitt (1994).

	Supplier-dominated	Scale-intensive	Information-intensive	Science-based	Specialized suppliers
Typical core sectors	Agriculture Services Traditional manufacturing	Bulk materials Automobiles Civil engineering	Finance Retailing Publishing Travel	Electronics Chemicals Drugs	Machinery Instruments Software
Main sources of technology	Suppliers Learning from production	Production, engineering Learning from Design offices Specialized suppliers	Software and systems departments Specialized suppliers	R & D Basic research	Design Advanced users
Main tasks of technology strategy	Use technology from elsewhere to strengthen other competitive advantages	Incremental integration of changes in complex systems Diffusion of best design and production practice	Design and operation of complex information processing systems Development of related products	Exploit basic science Development of related products Obtain complementary assets Redraw divisional boundaries	Monitor advanced user needs Integrate new technology incrementally

Anexo C

Principais inovações em ferramentas, equipamentos e processos na manutenção aeronáutica que tiveram um impacto significativo ao nível térreo do hangar nos últimos 10 a 15 anos. Fonte: adaptado pelo autor de Copernicus Technology (2016).

Processes	Hardware	Data
Lean	RFID tagging	Data Mining/ Data Analytics
Safety	Built-In Test	Standard Symptom Capture ("Symptom Diagnostics")
Human factors	Prognostics & Health Monitoring	
Computer Based Training	Intermittent Fault Detection	
Non-Destructive Testing	Reconfigurable Avionics	
Design for Testability		

Anexo D

Guião de entrevista proposto. Fonte: elaborado pelo autor.

Proposta do Guião de Entrevista

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Para a elaboração da dissertação – Dinâmicas de inovação na indústria aeronáutica: impacto na manutenção – irá ser, principalmente, utilizada uma metodologia mista recorrendo a fontes e análises de dados quantitativos e ao levantamento de informação qualitativa através de entrevistas.

A preparação da entrevista requer alguns cuidados como o seu planeamento, a disponibilidade do entrevistado em fornecer a entrevista e a organização das questões. Como tal, será aplicado um protocolo de entrevista semiestruturada, de modo a procurar detalhar as questões e a obter uma formulação mais precisa dos conceitos relacionados, combinando perguntas abertas e fechadas e a possibilidade de desenvolver melhor cada tema.

Através das entrevistas com especialistas, pretende-se recolher informação qualitativa, proporcionando assim uma melhor visão e compreensão sobre a realidade deste sector em Portugal.

As questões e temas a abordar, serão estruturados segundo 4 categorias: Indústria, Manutenção, Inovação e Futuro.

Cada uma destas categorias encontra-se inserida na categoria anterior, procurando inicialmente obter uma visão global, e posteriormente aprofundar cada tópico, focando-se na área crítica do estudo.



Indústria

● Caracterização da empresa

- Situação da indústria aeronáutica no contexto mundial e nacional;
- Perspetivas futuras – crescimento, objetivos;
- Em Portugal, existe a possibilidade de se assistir a um desenvolvimento na indústria aeronáutica?

Manutenção

● Características da Manutenção

- Funções, objetivos, características;
- Áreas, operações, tecnologias e ferramentas;
- Como se encontra organizada a manutenção?

● Adaptações e alterações

- Qual a alteração ou adaptação que nos últimos anos teve maior impacto a nível da manutenção?
- Que esforços existem na manutenção na adaptação ao desenvolvimento tecnológico das aeronaves?
- Qual o impacto que as dinâmicas de inovação têm no sector da manutenção da indústria aeronáutica?
 - Que esforços existem para minimizar o impacto?

● Formação e *know-how*

- Como é feita a formação de modo a acompanhar o desenvolvimento e a evolução tecnológica?
- Quais as maiores dificuldades na formação de pessoal qualificado para a manutenção?

Inovação

● Adaptações e alterações

- Ao nível da manutenção no sector aeronáutico que mudanças existiram de modo a acompanhar a evolução tecnológica desta indústria?
- Como é feita a integração de alterações tecnológicas em aviões utilizados?
- Quais os maiores desafios à integração de novas tecnologias em aviões para a manutenção?

Futuro

● Desafios e Objetivos

- Qual a sua visão pessoal da linha de desenvolvimento da indústria aeronáutica a curto, médio e longo prazo?
- De que forma, um país com a dimensão e capacidade como Portugal, poderá adaptar-se e acompanhar a evolução na aeronáutica?
- O futuro desta indústria, em Portugal, deverá passar por uma reestruturação e aglomeração de empresas que trabalham diretamente nesta área?
- De que forma deve a manutenção acompanhar esta mudança e crescimento?

Anexo E

Principais alterações num projeto de conversão de uma aeronave de passageiros numa aeronave de carga. Fonte: elaborado pelo autor.

Aeronave Comercial

Transporte aéreo de passageiros



Aeronave de Carga

Transporte aéreo de carga



Anexo F

Melhorias a nível da eficiência através da diminuição do consumo de combustível e do ruído em relação aos anos 60. Fonte: AERO (2008)

