



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**ISEL**

# **Implementação do Lean Management na Manutenção da Aeronave Airbus D&S C-295M**

**LUÍS MIGUEL FRADE DA ROSA**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

**Dezembro 2019**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**ISEL**

# **Implementação do Lean Management na Manutenção da Aeronave Airbus D&S C-295M**

**LUÍS MIGUEL FRADE DA ROSA**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

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

Orientadores:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

**Dezembro 2019**



*À minha avó...*



# Agradecimentos

Ao meu orientador da Dissertação o Professor António Abreu por ter me ajudado na elaboração deste trabalho, por tudo o quanto me incentivou a fazer, sempre mais e melhor. Por todo o apoio e tempo despendido.

Ao incansável e sempre disponível Capitão Paulo Costa por toda a sua ajuda disponibilizada e tempo despendido no decorrer deste trabalho para desenvolver o caso de estudo.

Ao meu amigo e camarada Dionísio Matias que me ajudou bastante na organização deste trabalho, partilhando conhecimentos e material para desenvolvimento do mesmo.

A todos os meus camaradas subordinados e superiores hierárquicos da Força Aérea Portuguesa que de um modo ou outro perderam algum do seu tempo para me ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

À minha família e amigos em geral pelo apoio incondicional dado por eles durante a elaboração deste trabalho e pela compreensão dos motivos da minha ausência para outros assuntos e eventos.

Aos meus pais, avós e irmã, palavras não conseguem expressar o meu agradecimento, obrigado por todo o carinho e por todas as oportunidades que me concederam e proporcionaram.

Um agradecimento especial aos meus amigos Margarida Marta da Costa, Telmo Inácio, Levindo Soeiro e João Luís Duarte, que estiveram sempre presentes de algum modo nos períodos de maior dificuldade e saturação, e que sempre me incentivaram e ajudaram a não perder o ânimo e a motivação no decorrer deste trabalho.



# Resumo

Nos dias que decorrem, cada vez mais, existe uma maior concorrência, o que torna essencial a oferta de produtos com os melhores padrões de qualidade, no menor tempo possível e com o menor custo de produção possível. Assim sendo é cada vez mais necessário conseguir-se inovar, aperfeiçoar e reduzir os desperdícios dos processos de produção e manutenção, sem que isso afete a qualidade e segurança dos produtos.

Uma das teorias de gestão mais eficazes usadas neste campo é o *Lean Management*, esta filosofia surgiu no século passado no seio da indústria automóvel no Japão, e com a sua implementação notou-se não ser apenas benéfica à indústria automóvel, mas também de uma forma genérica a muitas outras indústrias, tais como a indústria aeronáutica. Com a utilização desta filosofia verificaram-se impactos bastante positivos nessas indústrias.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo de suporte para criação de valor no planeamento e execução das inspeções programadas na frota de aeronaves Airbus D&S C-295M da Força Aérea Portuguesa, com vista a redução do tempo de imobilização em inspeções programadas e consequentemente o aumento da disponibilidade operacional das aeronaves.

A implementação deste modelo passa essencialmente por três etapas, Avaliar, Executar e Concluir, recorrendo cada um delas a técnicas e conceitos *Lean*, que permitem identificar os problemas que dificultam a existência de uma execução fluída das inspeções programadas do C-295M, e assim analisar, identificar e modificar o necessário para que tal não torne a acontecer, contribuindo assim para a melhoria da execução dos processos de manutenção.

Em suma, a implementação deste modelo contribui para que o tempo de imobilização das aeronaves em inspeção programada diminuísse de 58,33% para 37,06%, o que levou a um aumento da taxa de prontidão média anual de 5,5 aeronaves, para uma média anual de 7,55 aeronaves disponíveis, num universo de 12 aeronaves que a frota C-295M contempla.

## Palavras chave

*Lean Management*, Disponibilidade Operacional, Planeamento de Manutenção e Melhoria Contínua.



# Abstract

Increasingly in the days when competition and promotion of applications is more aggressive, as they are today, they offer products with the highest quality standards, without the shortest possible time and the lowest possible production cost. Thus, there is a need to innovate, improve and reduce waste from production and maintenance processes, without this occurring in product quality and safety.

One of the most widely used management philosophies in this field is the Lean Management, this philosophy emerged in the last century in the auto industry in Japan, and over time has come to realize that it would not only be beneficial for the automotive industry but in a general way. In many other industries, such as the aviation industry, there has been noticed a very positive impacts on these industries with an application of this philosophy.

The present work aims to develop a support model for value creation on the planning and carrying out scheduled inspections in the Portuguese Air Force Airbus D&S C-295M aircraft fleet, with a view to reducing downtime in scheduled inspections and consequently the increased operational availability of aircraft.

The implementation of this model goes through three steps, Examining, Executing, and Concluding, that identifying the issues that make it difficult to perform the C-295M scheduled inspections, and then analyzing, identifying, and modifying what is necessary to not happen again, contributing to improving the execution of maintenance processes.

In short, the implementation of this model contributes to the time of aircraft immobilization in scheduled inspection decreased from 58.33% to 37.06%, which led to an increase in the average annual readiness rate of 5.5 aircraft, for an annual average of 7.55 available aircraft, in a universe of 12 aircraft that the C-295M fleet contemplates.

## Keywords

Lean Management, Operational Availability, Maintenance Planning and Continuous Improvement.



# Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XIX
ABREVIATURAS .....	XXI
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO.....	2
1.3. METODOLOGIA .....	2
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>2. MANUTENÇÃO LEAN .....</b>	<b>5</b>
2.1. MANUTENÇÃO.....	5
2.1.1. <i>Evolução da Manutenção</i> .....	5
2.1.2. <i>Conceito de Manutenção</i> .....	6
2.1.3. <i>Objetivos da Manutenção</i> .....	7
2.1.4. <i>Tipos de Manutenção</i> .....	8
2.1.5. <i>Manutenção Preventiva</i> .....	9
2.1.6. <i>Manutenção Corretiva</i> .....	11
2.1.7. <i>Manutenção Aeronáutica</i> .....	12
2.1.8. <i>Inspecões Periódicas de Aeronaves</i> .....	14
2.2. LEAN MANAGEMENT .....	15
2.2.1. <i>Os primórdios da filosofia Lean</i> .....	15
2.2.2. <i>O conceito Lean Management</i> .....	19
2.3. FERRAMENTAS E CONCEITOS DO LEAN MANAGEMENT .....	24
2.3.1. <i>SIPOC</i> .....	24
2.3.2. <i>VSM (Value Stream Mapping)</i> .....	25
2.3.3. <i>Kanban</i> .....	26
2.3.4. <i>Kaizen</i> .....	28
2.3.5. <i>Fluxo contínuo</i> .....	29
2.3.6. <i>Ciclo PDCA ou Ciclo de Deming</i> .....	29
2.3.7. <i>6S</i> .....	31
2.3.8. <i>Standard Work</i> .....	33

2.3.9. <i>Gestão Visual</i> .....	34
2.4. O <i>LEAN</i> E A INDÚSTRIA AERONÁUTICA .....	34
2.5 CONCLUSÃO.....	35
<b>3. MODELO DE SUPORTE À EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES PROGRAMADAS.....</b>	<b>39</b>
3.1. MODELO DE SUPORTE À EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES PROGRAMADAS .....	39
3.2. ETAPAS DO MODELO MS - EIP .....	40
3.3. FASES DE APLICAÇÃO DO MS – EIP .....	41
3.3.1. <i>Atribuição de ferramentas Lean ao MS – EIP</i> .....	43
<b>4. CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>47</b>
4.1. PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO AERONÁUTICA .....	47
4.1.1. <i>Planeamento, Programação e Controlo de Manutenção</i> .....	48
4.1.2. <i>Maintenance Review Board Document</i> .....	49
4.1.3. <i>Maintenance Planning Document</i> .....	49
4.1.4. <i>Regulamentação da Manutenção Aeronáutica</i> .....	50
4.1.5. <i>Manutenção Aeronáutica Militar em Portugal</i> .....	51
4.2. RESENHA HISTÓRICA – ESQUADRA 502.....	52
4.3. SISTEMA DE ARMAS AIRBUS D&S C-295M .....	53
4.4. MANUTENÇÃO AIRBUS D&S C-295M.....	57
4.4.1. <i>Organização da manutenção do C-295M</i> .....	57
4.4.2. <i>Inspeções programadas C-295M</i> .....	58
4.5. “O PROBLEMA” .....	59
4.6. APLICAÇÃO DO MODELO DE SUPORTE À EXECUÇÃO DE INSPEÇÕES PROGRAMADAS (MS – EIP).....	61
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>79</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	79
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	79
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>81</b>

# Índice de Figuras

FIGURA 2.1 – PRINCIPAIS OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO .....	8
FIGURA 2.2 – DIFERENTES TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	9
FIGURA 2.3 – EVOLUÇÃO DA FILOSOFIA DE MANUTENÇÃO MSG E SUAS VERSÕES .....	13
FIGURA 2.4 – SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA .....	16
FIGURA 2.5 – EXEMPLO DE DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO DE UM CHASSIS AUTOMÓVEL .....	18
FIGURA 2.6 – FITA CRONOLÓGICA DO LEAN .....	19
FIGURA 2.7 – CADEIA DE VALOR .....	20
FIGURA 2.10 – PRINCÍPIOS LEAN THINKING .....	22
FIGURA 2.11 – OS 7 PRINCÍPIOS LEAN THINKING.....	23
FIGURA 2.12 – SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS FASES DO SIPOC .....	25
FIGURA 2.13 – CICLO PDCA .....	30
FIGURA 2.14 – ESQUEMA DO A3 (PDCA).....	31
FIGURA 2.15 – EXEMPLOS DE ORGANIZAÇÃO DE FERRAMENTAS .....	32
FIGURA 3.1 – ETAPAS DO MS – EIP DO PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO.....	39
FIGURA 3.2 – PILARES DO MODELO DE PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO MS – EIP .....	41
FIGURA 4.1 – AIRBUS D&S C-295M PG 02/03 .....	54
FIGURA 4.2 – PORMENOR DO NARIZ AIRBUS D&S C-295M PG 02/03.....	55
FIGURA 4.3 – PORMENOR DA CAUDA AIRBUS D&S C-295M PG 02/03.....	55
FIGURA 4.4 – NARIZ AIRBUS D&S C-295M PG01.....	56
FIGURA 4.5 – CAUDA AIRBUS D&S C-295M PG01 .....	56
FIGURA 4.6 – ORGANOGRAMA DA ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO .....	57
FIGURA 4.7 – VSM ELABORADO NA MANUTENÇÃO DO C-295M .....	63
FIGURA 4.8 – EXCERTO DE UM MAPA DE INSPEÇÃO PADRÃO DAS INSPEÇÕES FAP 6M + 300H + 600H.....	65
FIGURA 4.9 – EXEMPLO DE UM GRÁFICO DE GESTÃO VISUAL DO ESTADO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA INSPEÇÃO PROGRAMADA .....	66
FIGURA 4.10 – GRUPO DE TRABALHO DA MANUTENÇÃO NA FASE DE REFORMULAÇÃO DAS INSPEÇÕES.....	67
FIGURA 4.11 – HANGAR DA MANUTENÇÃO DO C-295M ANTES DA CRIAÇÃO DA DOCA DEDICADA ÀS INSPEÇÕES PROGRAMADAS.....	75
FIGURA 4.12 – HANGAR DA MANUTENÇÃO DO C-295M APÓS CRIAÇÃO DA DOCA DEDICADA ÀS INSPEÇÕES PROGRAMADAS.....	76



# Índice de Tabelas

TABELA 4.1 - INSPEÇÕES PROGRAMADAS EXECUTADAS PELA FAP .....	58
TABELA 4.2 - INSPEÇÕES PROGRAMADAS EXECUTADAS PELA AIRBUS D&S.....	59
TABELA 4.3 - TEMPOS DE EXECUÇÃO TEÓRICOS DAS INSPEÇÕES .....	64
TABELA 4.4 - COMPARAÇÃO DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DE UM PACOTE DE INSPEÇÕES ANTES E APÓS A RESTRUTURAÇÃO DAS INSPEÇÕES .....	68
TABELA 4.5 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DO ANO 2014 .....	69
TABELA 4.6 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DO ANO 2015 .....	69
TABELA 4.7- RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DO ANO 2016.....	69
TABELA 4.8 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DE JANEIRO E FEVEREIRO DE 2017.....	70
TABELA 4.9 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DESDE A PARTIR DE MARÇO DE 2017.....	71
TABELA 4.10 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DO ANO 2019 .....	71
TABELA 4.11 - RESUMO DE INSPEÇÕES, HORAS TOTAIS E MÉDIAS DE JANEIRO A JULHO DE 2019.....	71
TABELA 4.12 - REDUÇÕES DE TEMPOS ALCANÇADAS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO MODELO DE MANUTENÇÃO.	73



# Índice de Gráficos

GRÁFICO 4.1 – MÉDIAS DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DAS INSPEÇÕES PROGRAMADAS ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE MANUTENÇÃO .....	70
GRÁFICO 4.2 - MÉDIAS DOS TEMPOS DE EXECUÇÃO DAS INSPEÇÕES PROGRAMADAS APÓS IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE MANUTENÇÃO .....	72
GRÁFICO 4.3 - COMPARAÇÃO ENTRE OS TEMPOS DE EXECUÇÃO DAS INSPEÇÕES PROGRAMADAS ANTES E APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE MANUTENÇÃO.....	73



# Abreviaturas

AD – *Airworthiness Directive*

ADS – *Airbus Defence and Space*

ALI – *Airworthiness Limitation Items*

AOL – *All Operators Letter*

AOT – *All Operatores Trasmision*

AMM – *Aircraft Maintenance Manual*

ANAC – *Autoridade Nacional de Aviação Civil*

ASM – *Ageing Systems Maintenance*

APU – *Auxiliary Power Unit*

CLT – *Comunidade Lean Thinking*

CMR – *Certification Maintenance Requirements*

DMSA – *Direção de Manutenção de Sistemas de Armas*

EASA – *European Aviation Safety Agency*

EAV – *Electroaviónicos*

EM – *Electromecânicos*

EMAR – *European Military Airworthiness Requirements*

ETOPS CMP – *Extended Twin Range of Operations – Configuration, Maintenance and Procedures*

FAA – *Federal Aviation Administration*

FAL – *Fuel Airworthiness Limitations*

FAP – *Força Aérea Portuguesa*

FISS – *Full in Service Support*

GSE – *Ground Support Equipment*

HP – *Horse Power*

HV – *Horas de Voo*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

IFR – *Instruments Flight Rules*

ISC – *Industry Steering Committee*

JIT – *Just in Time*

LRU – *Line Replaceable Unit*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MLU – *Mid-life Update*

MOB – *Main Operations Base*

MPD – *Maintenance Planning Document*

MRB – *Maintenance Review Board*

MRBD – *Maintenance Review Board Document*

MRO – *Maintenance, Repair and Overhaul*

MSG – *Maintenance Steering Group*

MSI – *Maintenance Significant Items*

OC – *Operador de Cabine*

OGMA – *Oficinas Gerais de Manutenção Aeronáutica*

PANS – *Procedures for Air Navigation Services*

PDCA – *Plan, Do, Check and Act*

PG 01 – *Aeronave com configuração para Transporte Aéreo Tático da Força Aérea Portuguesa*

PG 02/03 – *Aeronave com configuração para Vigilância Marítima da Força Aérea Portuguesa*

PMA – *Plano de Manutenção da Aeronave*

SARPs – *Standards and Recommended Practices*

SB – *Service Bulletin*

SIL – *Service Information Letter*

TAT – Aeronave de Transporte Aéreo Tático

TAP - ME – Transportes Aéreos Portugueses Manutenção e Engenharia

TPS – *Toyota Production System*

VFR – *Visual Flight Rules*

VIMAR – Aeronave de Vigilância Marítima

VSM – *Value Stream Mapping*

6M – Inspeção programada e efetuada a cada 6 meses do calendário

12M – Inspeção programada e efetuada a cada 12 meses do calendário

24M – Inspeção programada e efetuada a cada 24 meses do calendário

300H – Inspeção programada e efetuada a cada 300 horas de voo

600H – Inspeção programada e efetuada a cada 600 horas de voo

900H – Inspeção programada e efetuada a cada 900 horas de voo



# 1. Introdução

Neste capítulo é apresentado um breve enquadramento do tema, o objetivo proposto e motivação e a estrutura desta dissertação.

## 1.1. Enquadramento

Nos dias que decorrem com os mercados a serem cada vez mais globais e competitivos, as organizações e empresas para permanecerem competitivas necessitam de estar sempre na vanguarda e acompanhar a constante evolução, de tal modo que um dos seus principais objetivos é a redução de desperdícios.

A necessidade de se desenvolver e encontrar modelos de gestão cada vez mais eficientes é uma preocupação que está constantemente presente na mente de qualquer gestor nos tempos que decorrem através da implementação de processos e mecanismos de controlo que permitam a redução e eliminação de desperdícios, tais como, reduzir e evitar custos desnecessários, incutir uma filosofia de poupança de recursos e produzir apenas o que seja necessário. Em termos históricos, estas preocupações começaram a ter mais ênfase a partir da década de 50, associadas a uma nova filosofia de gestão designada por *Lean* baseada no sistema de produção automóvel da Toyota, inspirado pelas ideias sugeridas por Taiichi Ohno (Liker, 2004).

*O Lean* começa assim a ser considerado como uma solução para os tempos de crise, dado que se trata de uma forma de pensar e agir que tem como objetivo a constante eliminação do desperdício, ou seja, tudo aquilo que não acrescenta valor do ponto de vista do cliente, aumentando assim a competitividade das organizações e empresas (Pinto, 2013).

Uma das áreas onde o *Lean* se encontra presente com bastante expressão é área da manutenção, onde foram desenvolvidas várias técnicas e ferramentas específicas que contribuíram para uma profunda alteração dos métodos de manutenção já existentes. De acordo com a perspetiva tradicional a manutenção é identificada como uma atividade secundária consumidora de recursos (Smith, et al., 2004).

Podendo-se então afirmar que o *Lean* é uma excelente ferramenta que auxilia as organizações e empresas na obtenção de mais e melhores resultados, permitindo que estas se mantenham competitivas, com vista a satisfação do cliente.

## **1.2. Objetivo da dissertação**

A presente dissertação surge na sequência da crescente necessidade de melhorar os processos de manutenção da aeronave ADS C-295M da Força Aérea Portuguesa, tendo em conta a exponencial solicitação operacional desta aeronave. Posto isso verificou-se que existiam várias lacunas no que toca à disponibilidade das aeronaves face a essa solicitação operacional por parte da manutenção das mesmas. A manutenção não conseguia libertar as aeronaves que encontravam a executar ações de manutenção a um ritmo desejado que satisfizesse a solicitação operacional, como tal esta dissertação tem como objetivo desenvolver um modelo que permita a análise e implementação de uma modelo *Lean* que ajude à identificação, redução e eliminação, sempre que possível, de desperdícios na manutenção de modo a que isso contribua para a redução dos tempos de execução das inspeções programadas, e assim exista uma disponibilidade de aeronaves que satisfaça a solicitação operacional das mesmas.

Em suma, pretende-se com o estudo efetuado nesta dissertação desenvolver uma modelo que permita auxiliar a manutenção da aeronave ADS C-295M na identificação e eliminação de desperdícios com o objetivo de diminuir o tempo de paragem das aeronaves em inspeções programadas.

## **1.3. Metodologia**

A metodologia deste trabalho consistiu, numa primeira fase, numa revisão bibliográfica, centrada em artigos e trabalhos científicos, com o propósito de perceber o que, até então, foi pesquisado e estudado nesta temática.

Após a revisão bibliográfica e o estudo das bases teóricas deu-se o primeiro passo em direção ao caso de estudo. Tendo-se então desenvolvido um modelo de suporte de aplicação das técnicas *Lean* que visa ajudar na aplicação das técnicas no caso de estudo.

O caso de estudo centrou-se essencialmente na aplicação das técnicas *Lean* na manutenção de uma frota de aeronaves, através de um modelo desenvolvido que serve de suporte à aplicação dessas mesmas técnicas, de modo a ser possível analisar a viabilidade da aplicação das técnicas *Lean* e estudar o impacto que essa aplicação trará a nível da disponibilidade operacional das aeronaves.

## 1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por cinco capítulos.

No presente capítulo são elaborados breves enquadramentos do tema, o objetivo, a metodologia a ser usada e a estrutura da dissertação.

No 2º Capítulo pretende-se dar a conhecer as origens da função Manutenção, o *Lean* e a Manutenção Aeronáutica, e como progrediram as suas evoluções ao longo dos anos e quais os seus objetivos. É feita também uma abordagem a algumas das técnicas *Lean* existentes e os desperdícios *Lean*. Tudo isto é elaborado e fundamentado recorrendo a uma pesquisa bibliográfica.

No 3º Capítulo é onde começa toda a essência desta dissertação, pois é neste capítulo que será desenvolvido um modelo, que servirá como base de suporte à aplicação das técnicas *Lean* a serem usadas no caso de estudo.

No 4º Capítulo inicia-se com um enquadramento generalizado da Manutenção Aeronáutica civil e militar, sendo após isso elaborada a caracterização e análise do caso de estudo através de informação recolhida. Posteriormente é aplicado o modelo desenvolvido no capítulo anterior, ao caso de estudo, de forma a serem analisados e discutidos os dados obtidos anteriormente e posteriormente à aplicação do modelo desenvolvido.

No 5º Capítulo é onde se dá por concluída esta dissertação e também onde são apresentadas as devidas e fundamentadas conclusões sobre o modelo proposto para o caso de estudo. Dificuldades encontradas no decorrer da elaboração desta dissertação e propostas e recomendações para possíveis trabalhos futuros.



## **2. Manutenção *Lean***

Neste capítulo são abordados os dois temas basilares que levaram à elaboração deste trabalho, a Manutenção e o *Lean Management*. Primeiro é elaborado um pequeno enquadramento histórico da Manutenção, seguido da explicação do conceito de Manutenção, sua finalidade/objetivo e os vários tipos e metodologias de manutenção. Posteriormente é feita uma abordagem sobre a manutenção na Indústria Aeronáutica e como esta evoluiu ao longo do tempo, sendo de seguida feito um breve enquadramento histórico da filosofia *Lean* e apresentação de alguns conceitos e técnicas *Lean*, sendo concluído com uma curta explicação de como surgiu o *Lean* na indústria aeronáutica e com alguns artigos sobre a aplicação do *Lean* na área da manutenção.

### **2.1. Manutenção**

#### **2.1.1. Evolução da Manutenção**

A manutenção e conservação de bens são práticas levadas a cabo pelo Homem desde que há memória, mas o conceito propriamente dito de Manutenção surgiu apenas após a invenção das primeiras máquinas têxteis, no século XVI (Queiroz, 2015).

O conceito de manutenção aparece desde sempre associado á reparação de avarias, numa época em que estas só eram tidas em conta quando tinham implicação na paragem dos equipamentos o que por sua vez levava à paragem e diminuição da produção.

Tal como tudo o resto, ferramentas e equipamentos foram evoluindo ao longo do tempo tornando-se cada vez mais complexas de modo a satisfazerem as necessidades de produção, sendo assim, e de modo a acompanhar essa evolução, a manutenção também teve de evoluir, tendo esta evoluído ao longo de 3 gerações:

##### 1ª Geração:

Anteriormente à segunda grande guerra mundial, a indústria não era muito mecanizada, centrando-se maioritariamente no trabalho manual. Nessa época, devido à simplicidade dos mecanismos, as avarias dos equipamentos não tinham muita relevância e eram fáceis de solucionar. Limitando-se, a prática de manutenção à manutenção corretiva, executada apenas em caso de avaria do equipamento, com o único objetivo de repor o seu funcionamento.

## 2ª Geração:

No decorrer da segunda guerra mundial toda a indústria sofre uma grande revolução. Com o surgimento de novas metodologias e invenções, a produção em massa tornou-se corrente, conseguindo satisfazer-se os pedidos de grandes quantidades de produto num curto espaço de tempo. A produção passou a estar dependente das máquinas e de processos automatizados. Um dos impactos desta mudança, foi a percepção de que as avarias tinham impactos enormes nos resultados finais das organizações. Assim, os custos de manutenção passaram também a ser alvo de preocupação, e iniciou-se o estudo de modelos de prevenção de avarias. Surgindo a partir daí o conceito de manutenção preventiva. Em 1960, com o aparecimento do computador, começaram-se a aplicar rotinas de manutenção computadorizadas. Rapidamente se sentiram os benefícios desta nova prática, o que levou ao crescimento dos planos de manutenção e a sistemas de controlo.

## 3ª Geração:

Nos anos 70, a indústria sofreu uma revolução mundial, existiam novas expectativas, pesquisas e técnicas de ação a serem constantemente desenvolvidas.

O baixo nível de *stock*, imposto por filosofias como a JIT, *just in time*, em que apenas são produzidos os bens necessários, na quantidade certa e quando necessário. Tornaram notórias tanto as consequências das avarias dos equipamentos, como o impacto do aumento dos custos operacionais e diminuição da qualidade de serviço. Para alcançar os objetivos exigidos por estas novas ferramentas, era necessário evitar quebras de funcionamento. Como resposta desenvolvem-se técnicas de diagnóstico arrojadas, que aperfeiçoam a implementação de manutenção preventiva. Esta mudança de pensamento, que corre até aos dias de hoje, levou à conceção de produtos com uma maior qualidade, grande rentabilidade, segurança, equipamentos com um tempo de vida mais longo e redução de custos operacionais (Queiroz, 2015).

### **2.1.2. Conceito de Manutenção**

Manter os padrões de capacidade e qualidade de uma organização é uma importante função em qualquer sistema de fabrico ou de serviço. A função Manutenção contempla todas as atividades que se relacionem com a manutenção de boas condições de funcionamento de equipamentos, sistemas e instalações, e a realização de intervenções corretivas sempre que falhas ou avarias ocorram, de maneira a que o sistema de operações, seja ele um sistema produtivo ou de serviços, alcance o desempenho desejado. Tudo isto a ser atingido dentro dos limites de tempo e de custo, de modo a que a função manutenção seja competitiva (Pinto, 2013).

A manutenção é a combinação de ações de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens para a otimização dos seus ciclos de vida, entendendo-se por bem o produto concebido para assegurar uma determinada função. A manutenção traduz-se então, num conjunto de reparações e reacondicionamentos necessários para compensar ou retardar a deterioração e desgaste de peças e equipamentos provenientes da sua utilização, de modo a prolongar os seus ciclos de vida útil. Uma boa manutenção consiste em assegurar estas operações a um custo global otimizado.

Hoje, a função manutenção é reconhecida como uma das áreas de maior relevância na atividade industrial através do seu contributo para o bom desempenho produtivo, a segurança, a qualidade dos produtos, as boas relações interpessoais, a imagem das empresas, a rentabilidade económica dos processos produtivos e a preservação dos investimentos. Este reconhecimento é também reforçado pelas crescentes exigências das normas da qualidade aplicadas à manutenção dos equipamentos produtivos.

As ações de manutenção têm vindo a sofrer grandes mudanças nos últimos tempos. O aumento da complexidade e a elevada inserção da automação nos mais diversos sistemas de produção, enfatizam a grande importância da manutenção para os mais diversos sistemas, a fim de mantê-los dentro de níveis de desempenho desejados, diminuir as paragens não planeadas e os custos elevados resultantes destas (Nancabú, 2011).

### **2.1.3. Objetivos da Manutenção**

Os objetivos da manutenção devem ser definidos tendo como referência os objetivos e a estratégia de negócio de uma organização. De facto, a ação da manutenção pode desenvolver-se segundo linhas de força divergentes, para as quais é essencial determinar a resultante que melhor serve os interesses de uma organização (Pinto, 2013).



Figura 2.1 – Principais objetivos da manutenção, adaptado de Pinto (2013)

Compete à gestão da manutenção estabelecer um compromisso equilibrado entre estes objetivos, mesmo existindo constantes confrontos entre eles, dado que não é possível a sua otimização em simultâneo. De todos estes objetivos, o que se apresenta como um dos mais prioritários é a disponibilidade dos equipamentos. A disponibilidade de um equipamento refere-se à quantidade de tempo em que esse equipamento se encontra disponível para a produção, isto é, sem problemas atribuídos à manutenção (Pinto, 2013).

Os objetivos da manutenção devem ser compatíveis com os objetivos da organização de tal modo que, em termos económicos, o objetivo principal seja atingir o balanço entre os custos da não disponibilidade e os custos dos recursos da manutenção (Pinto, 2013).

Resumidamente, a manutenção tem como objetivo garantir que os equipamentos operem de um modo seguro e eficiente, com rendimentos o mais elevados possível, garantindo assim uma adequada disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos de maneira a reduzir-se ao mínimo a produção de produtos defeituosos. O cumprimento destes objetivos deve obedecer também à sua racionalidade económica.

#### **2.1.4. Tipos de Manutenção**

A função manutenção é em si um conceito bastante abrangente, como tal, existem várias definições para os vários tipos de manutenção, como se encontra ilustrado na figura 2.2.



Figura 2.2 – Diferentes tipos de manutenção, adaptado de Pinto (2013)

Distinguem-se assim dois grandes tipos de manutenção em função da detecção ou não, de falhas nos equipamentos. A manutenção executada antes do aparecimento da falha é designada como preventiva, estando esta dividida entre sistemática ou condicionada. A manutenção executada após detecção da falha é designada como corretiva estando esta dividida entre diferida (executada posteriormente à detecção da falha nos equipamentos) e imediata (executada após detecção da falha com o objetivo de evitar consequências de maior amplitude).

### 2.1.5. Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios pré-definidos, com o objetivo de diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas e degradação prematura dos equipamentos. A razão fundamental para existir um setor de manutenção numa organização é a sua capacidade e o esforço para evitar que as falhas ocorram (Xenos, 2014). Assim, o setor de manutenção não deve existir apenas para reparar as falhas que vão surgindo, mas principalmente para a execução de algumas tarefas simples, porém programadas e não aleatórias. Frequentemente recorre-se à utilização de um planeamento onde estão calendarizadas um conjunto de ações que não estão dependentes do estado atual dos equipamentos nem da real necessidade de intervenção, que têm como objetivo executar alguns cuidados preventivos que ajudem a evitar a ocorrência de falhas (Kardec, 2003).

Como a prevenção das avarias é o objetivo principal da gestão da manutenção, por vezes confunde-se este tipo de manutenção com a própria definição de manutenção (Cabral, 2013).

Segundo um estudo realizado por Wireman (2005), este concluiu que uma manutenção preventiva poderá reduzir os custos de energia entre 5% a 11%, principalmente porque os equipamentos não eram inspecionados com regularidade, por falta ou incumprimento dos planos de manutenção. São identificadas algumas causas de desperdício de energia, como por exemplo falta de limpeza de permutadores ou filtros, falta de lubrificação de rolamentos ou desalinhamento em engrenagens, a permanência de situações de fugas por exemplo de ar comprimido, água, vapor, óleo, gás, etc. Um plano de manutenção preventiva adequado permite um aumento significativo da vida útil de um determinado equipamento, reduzindo a ocorrência de falhas aumentando assim a sua disponibilidade com uma consequente poupança de recursos bem com a redução do risco de acidentes aumentando a segurança de pessoas e bens.

➤ **Manutenção sistemática**

Manutenção sistemática é um tipo de manutenção preventiva que se realiza em intervalos de tempo predefinidos ou em função de unidade de utilização, mas sem o controlo prévio do estado ou do equipamento. Normalmente é desencadeada respeitando as indicações dos fabricantes dos equipamentos embora requeira uma análise crítica por parte da gestão da manutenção, pois deve-se ter em consideração que as condições reais de operação (temperatura, humidades, poeiras, etc.) são, quase sempre, diferentes das condições de ensaio realizadas em fábrica, devendo por isso os planos de manutenção sistemática serem adaptados às condições reais de operação. Em cada intervenção são realizadas um conjunto de ações planeadas, com intervalos de tempo constantes e que pretendem restabelecer as condições iniciais de fiabilidade dos sistemas e seus componentes (Pinto, 2013). Este tipo de manutenção considera que os padrões de falhas são constantes, implicando assim a substituição periódica de componentes independentemente da sua condição, antes destes atingirem os limites de vida útil pré-estabelecidos pelo fabricante. No que toca a custos, este tipo de manutenção apresenta valores totais elevados sendo por vezes mais onerosos do que os da manutenção corretiva. Além disso, este tipo de manutenção também não suprime as ações de manutenção corretiva, não só as imprevistas, mas também as que ocorrem entre os períodos definidos para as substituições.

➤ **Manutenção Condicionada**

Este tipo de manutenção preventiva baseia-se numa inspeção do estado de funcionamento do equipamento e/ou dos parâmetros significativos do seu funcionamento, sendo que as ações de intervenção são decorrentes dessa avaliação do estado de condição do equipamento. A inspeção da condição ou dos parâmetros de funcionamento podem ser executados segundo um calendário pré-definido, em modo contínuo ou devido a uma ação específica. Da análise dos parâmetros de

funcionamento dos equipamentos (vibrações, ruído, termografia, tribologia, etc.), podem-se prever futuras ocorrência de falhas, através do estudo das curvas de tendência ou por comparação com os valores padrão definidos pelos fabricantes. Esta capacidade de prever o estado do equipamento leva a que também se designe este tipo de manutenção como manutenção preditiva (Pinto, 2013).

Neste tipo de manutenção, o controlo de condição pode ser efetuado com os equipamentos a operar e pode ser realizado em regime contínuo, permitindo um registo das condições dos equipamentos em tempo real e avaliá-las face aos limites definidos. Também se pode efetuar o controlo de condição dos equipamentos em intervalos de tempo pré-estabelecidos, analisando os resultados e, caso seja necessário, efetuar as intervenções de manutenção, conseguindo assim na maior parte das vezes detetar possíveis falhas e avarias ocultas, que não são perceptíveis para as equipas de operação ou manutenção.

Em termos económicos este tipo de manutenção tem custos elevados, nomeadamente os custos indiretos pois será necessário recorrer a tecnologia sensorial e informática bem como a pessoal qualificado e especializado e a planeamento e controlo das atividades. Segundo Pinto (2013), este tipo de manutenção, apesar de ser mais dispendioso, consegue eliminar grande parte das desvantagens da manutenção sistemática.

#### **2.1.6. Manutenção Corretiva**

Pode-se considerar este tipo de manutenção como aquela que surgiu primeiro e que durante muito tempo foi o único modelo de manutenção aplicado devido à sua simplicidade pelo facto de dispensar uma estrutura organizada. Segundo a norma NP EN 13306 define-se manutenção corretiva como aquela que é executada depois de detetada a avaria e que tem como objetivo repor o bom estado de funcionamento do equipamento (IPQ, 2007). Esta pode ser dividida em dois grupos, nomeadamente, manutenção corretiva imediata e manutenção corretiva diferida ou planeada.

Manutenção corretiva imediata é aquela que é realizada imediatamente após a deteção da falha afim de evitar consequências de maior amplitude e que assume uma prioridade de execução sobre as restantes atividades. Este modelo de manutenção causa, em grande parte das vezes, um elevado prejuízo pois tem como consequência a interrupção inesperada da atividade tendo custos com paragens e pondo em causa a qualidade e os prazos de entrega ou compromissos assumidos com os clientes (Xenos, 2004).

Por manutenção corretiva diferida entende-se quando a correção é programada ou acompanhada através de métodos preditivos ou de detecção, até que a intervenção seja possível, sem afetar diretamente a produção (Kardec, 2003). Esta é um bom exemplo de engenharia de manutenção dado que tem por objetivo adaptar ou corrigir as anomalias detetadas, seja por erros de conceção ou instalação de um equipamento ou seja por uma necessidade de adequar os equipamentos a novas exigências (Pinto, 2013).

No entanto a manutenção corretiva pode ser considerada uma boa prática quando os custos das consequências das falhas e avarias não seja superior ao custo que evita a sua ocorrência, ou seja, o conjunto de custos indiretos da manutenção (Pinto, 2013). É preciso ter em consideração que a opção por este tipo de manutenção corretiva requer a existência de recursos humanos capazes de executar as tarefas de reparação, bem como a disponibilidade dos meios materiais (peças de reserva, ferramentas e equipamentos) para que as equipas de manutenção possam agir rapidamente de forma a minimizar os impactos das falhas (Xenos, 2004). A constante exposição à falha e a situações inesperadas não combina de todo com uma estrutura organizada e tem como consequência os custos avultados da não manutenção.

#### **2.1.7. Manutenção Aeronáutica**

A manutenção ideal para uma aeronave é aquela que permite uma alta disponibilidade operacional durante o tempo que esta estiver em serviço, com o mínimo custo possível, sem que isso comprometa os elevados padrões de segurança, qualidade e aeronavegabilidade, a que a indústria aeronáutica está sujeita.

Com o aparecimento das primeiras aeronaves surgiu também o conceito de manutenção aeronáutica. Nos primeiros anos da aviação, existia um elevado défice de conhecimento do comportamento dos materiais e sistemas, e do impacto que a degradação destes iria ter na segurança das aeronaves. De maneira a prevenir a degradação das aeronaves, a manutenção aeronáutica baseava-se num único método, o *Hard-time*. Através deste método, todos os componentes e sistemas são restituídos através da sua substituição ou recondicionamento em intervalos de tempo ou utilização periódicos (Correia, 2012).

Com o aparecimento dos novos jatos comerciais e da aviação comercial em expansão em larga escala, a manutenção aeronáutica tinha de evoluir de maneira a acompanhar o desenvolvimento de aeronaves e sistemas mais complexos e ainda dos requisitos da eficiência da operação, de maneira a manter os níveis de segurança. Os desenvolvimentos dos programas de manutenção da aviação

moderna surgiram em 1968 com a introdução da nova aeronave Boeing 747. Devido ao tamanho e complexidade desta aeronave, a Boeing notou que os programas de manutenção teriam de ser desenvolvidos de uma forma muito mais estruturada que no passado (Correia, 2012).

A Boeing com o objetivo de desenvolver um programa de manutenção que correspondesse às necessidades na nova aeronave, constituiu vários grupos de trabalho, com a participação de várias entidades e organizações, tais como clientes, autoridades, fornecedores, construtores entre outros, numa metodologia classificada como MSG-1 (Costa, 2015).

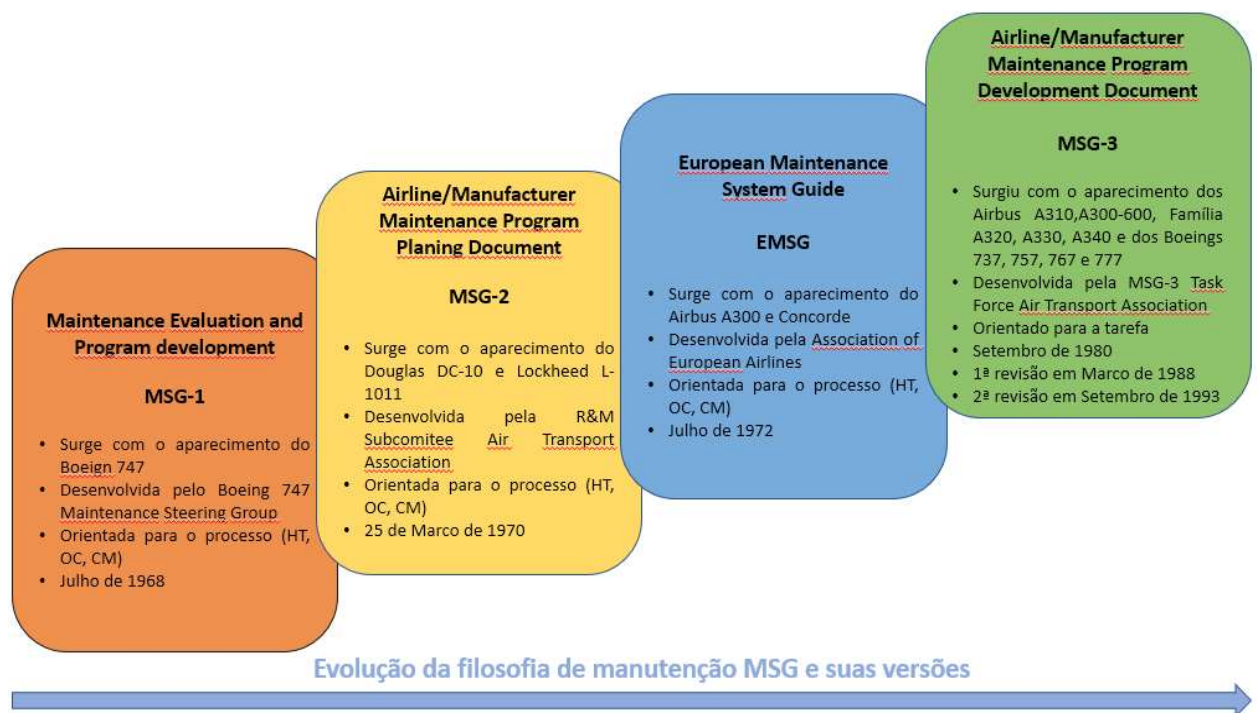


Figura 2.3 – Evolução da filosofia de manutenção MSG e suas versões, adaptado de Costa (2015)

O desenvolvimento da metodologia MSG-1 era composto pelos seguintes grupos de trabalho:

- Motores e APU;
- Sistemas mecânicos;
- Estruturas;
- Eletricidade e aviônicos;
- Comandos de voo e hidráulicos;
- Zona.

A constituição destes grupos teve como objetivo identificação dos sistemas que eram da sua área de competência, para cada sistema eram identificados os itens significativos de manutenção, MSI, e as suas características: função, modos de falha, causa e efeitos da falha.

Posto isto, esta abordagem abandonou o processo existente de recondicionamento periódico e através do estudo de análise das causas e efeito das falhas dos diferentes componentes e sistemas, a cada um destes é aplicado o processo de manutenção mais adequado (Costa, 2015):

- **Hard-time**: substituição ou recondicionamento periódico.
- **On-Condition**: inspeção prévia à condição do componente ou sistema para determinar a necessidade de recondicionamento de maneira a prevenir a ocorrência de falhas ou defeitos fora dos limites estabelecidos.
- **Condition-Monitoring**: aplicável a componentes ou sistemas que não podem ser seguidos por processos preventivos de *Hard-time* ou *On-condition*. Os parâmetros de desempenho ou fadiga, dependendo do sistema, são medidos continuamente de forma a identificar antecipadamente o aparecimento falhas. Após a medição dos parâmetros indicarem a existência de falha ou defeito, são tomadas ações corretivas para restaurar a condição do componente ou sistema.

Com a constante e rápida evolução da tecnologia aeronáutica, a metodologia MSG-1 teve de acompanhar essa evolução, tendo evoluído rapidamente para uma versão melhorada, a MSG-2. Com a extensão da aplicação da metodologia MSG a mais e novas aeronaves, em 1980 foi desenvolvida a metodologia MSG-3, que com as devidas atualizações vigora até aos dias de hoje. A metodologia MSG-3 veio introduzir novos conceitos de manutenção (Costa, 2015):

- Definição mais objetiva dos MSI;
- Manutenção orientada para a tarefa (OP, IN, LU, FC, SV, VC, RS, DS);
- *Trouble Shootings* e *Fault Isolations* mais esclarecedores e com metodologia *Top Down*;
- Conceito de tolerância de falha.

### **2.1.8. Inspeções Periódicas de Aeronaves**

Como já descrito nos parágrafos anteriores as aeronaves estão sujeitas a inspeções e verificações altamente rigorosas e complexas com o objetivo de se cumprir os requisitos de aeronavegabilidade e segurança estabelecidos pelos fabricantes e entidades reguladoras, de modo a reduzir a perturbação operacional dos operadores a um nível aceitável e com um custo inferior ao de uma reparação.

Estas inspeções estão estruturadas da seguinte forma:

#### Manutenção de Linha:

Inspeções que são executadas diariamente, normalmente realizadas na placa de estacionamento, antes, após e entre voos, em que são verificados vários parâmetros tais como inspeções visuais e níveis de óleo dos motores, condições dos pneus e travões, superfícies dos comandos de voo, compartimentos dos trens de aterragem, luzes e inspeções visuais gerais.

#### Manutenção de Base:

As manutenções ou inspeções de base são as inspeções mais complexas a que uma aeronave está sujeita, normalmente realizadas em hangar, com pacotes de trabalho mais “pesados” que necessitam de ferramentas e equipamentos especiais e maior número de mão-de-obra, e são distribuídas por blocos de inspeção, onde estão compreendidas as “A”, “B”, “C” e “D” *Checks*. Os intervalos de tempo a que cada uma destas inspeções tem de ser realizada e o tempo de duração de cada uma depende de cada aeronave e do tipo de aeronave. São inspeções que podem ter uma duração compreendida entre um dia até um mês.

É também aquando da paragem das aeronaves para estas inspeções que normalmente mediante a disponibilidade e oportunidade se executam alguns trabalhos não previstos nos programas de manutenção, tais como Ordens de Engenharia, Boletins de Serviço ou Diretivas de Aeronavegabilidade.

## **2.2. Lean Management**

### **2.2.1. Os primórdios da filosofia *Lean***

Foi no período pós Segunda Guerra Mundial, no Japão, na Toyota, que a filosofia *Lean* surgiu. Mais precisamente, pode-se afirmar que parte deste sistema surgiu antes mesmo da fundação da fábrica de automóveis da Toyota. O senhor *Sakichi Toyoda* era proprietário de uma fábrica de teares, a *Toyoda Automatic Loom Works*, onde desenvolveu um tear automático, sem a necessidade de um operador diante da máquina, cuja patente veio a ser vendida posteriormente para uma indústria britânica (Rodrigues, 2015).

Este sistema separou definitivamente o homem do tear, permitindo ganhos de produtividade e qualidade enormes. Este conceito de separação do homem e da máquina foi chamado de “Automação” e é um dos pilares do que seria chamado de *Lean Manufacturing* (Rodrigues, 2015).

Nos anos seguintes a *Toyoda Automatic Loom Works* realizou pesquisas com motores de combustão interna, originando a *Toyota Motor Co.* Após a Segunda Guerra Mundial, estando o Japão um país destruído e sendo o mercado interno japonês muito pequeno, a Toyota estava determinada a produzir em massa. Tendo em conta que na altura existia uma larga procura de diferentes tipos de veículo, e a situação financeira pós-guerra não era a melhor, a Toyota por intermédio do Sr. *Taiichi Ohno*, engenheiro e chefe de produção da Toyota, decide procurar e eliminar desperdícios como estratégia de operação, desenvolvendo através dessa ideia um sistema de gestão que alcançasse a mais alta qualidade de produto, no menor intervalo de tempo e com o menor custo possível por meio da eliminação do desperdício, aumentando satisfação do cliente, chamado *Toyota Production System (TPS)* - em português, Sistema de Produção Toyota .

O TPS, está assente em dois alicerces, ver figura 2.4:

- *Just-in-Time (JIT)* – é um sistema de gestão da produção que determina que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado na hora exata;
- *Jidoka* – conceito que significa “automação com um toque humano” (CI&T, 2017).

O objetivo é **umentar a eficiência dos processos**, permitindo uma intervenção na produção caso ocorra uma falha, fazendo com que todos os intervenientes no processo de produção tenham conhecimento do sucedido, fazendo assim com que exista um processo de melhoria contínua.

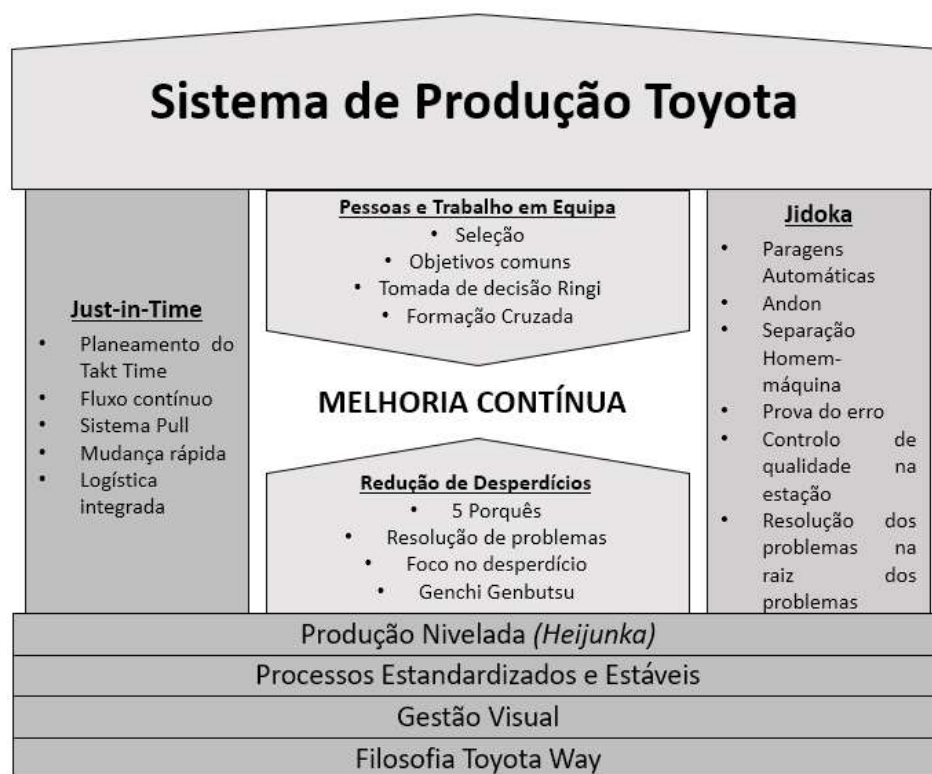


Figura 2.4 – Sistema de Produção Toyota, adaptado de Liker (2004)

O TPS é definido por 14 princípios (Liker, 2004):

1. Basear as decisões de gestão numa filosofia de longo prazo, mesmo que para isso seja necessário contrair despesas a curto prazo;
2. Criar um fluxo de processo contínuo de maneira a identificar os problemas;
3. Usar sistemas *pull* para se evitar a produção exagerada;
4. Nivelar a carga de trabalho (*Heijunka*);
5. Fomentar uma cultura de corrigir problemas, para se obter qualidade à primeira (*Jidoka*);
6. Uniformização das tarefas é a base da melhoria contínua;
7. Uso de o controlo visual para os problemas não passarem despercebidos;
8. O uso apenas de tecnologia de confiança e testada exaustivamente que sirva o processo e as pessoas.
9. Formar líderes que compreendam o trabalho, vivam a filosofia e consigam ensinar outros;
10. Formar pessoas e equipas excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
11. Respeitar a rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os melhorar;
12. Ver com os próprios olhos para conseguir entender realmente a situação (*Genchi Genbutsu*);
13. Tomar decisões ponderadas por meio de um consenso, considerando cuidadosamente todas as opções e implementando as decisões rapidamente (*Nemawashi*);
14. Tornar uma organização, numa organização em aprendizagem contínua através de reflexão (*Hansei*) e melhoria contínua (*Kaizen*).

Sendo o TPS a base de toda a filosofia *Lean*, e analisando a figura 2.2, o conceito *Lean* em si consiste num conjunto de ferramentas e metodologias direcionadas de maneira a garantir rentabilidade a longo prazo, crescimento e “produzir mais com menos”. Isto parece algo incapaz de se alcançar, foi então que se chegou á conclusão que isso só seria possível eliminando o desperdício. O desperdício representa entre 55 a 95% de um processo. Todos os processos podem ser divididos em atividades que acrescentam valor ou atividades que não acrescentam valor (Fraga, 2014).

Tendo isto a Toyota identificou os 8 maiores tipos de desperdícios que não acrescentam valor aos processos, são eles (Liker, 2004):

- 1- Produção excessiva – produzir mais do que a procura;
- 2- Tempos de espera – processos à espera que outros processos terminem;
- 3- Transportes desnecessários – movimentos do produto de um lado para o outro;

- 4- Demasiados processos ou processos incorretos – processos desnecessários ou ineficazes;
- 5- Excesso de inventários/stocks – excesso de matéria prima e de produto em espera de ser escoado;
- 6- Movimentos desnecessários – pessoas ou máquinas com movimentos/deslocamentos que não acrescentam valor ao processo;
- 7- Defeitos – produtos com defeito;
- 8- Criatividade desaproveitada – ideias, sugestões, melhorias e oportunidades de aprendizagem perdidos por não se escutar todos os intervenientes nos processos.

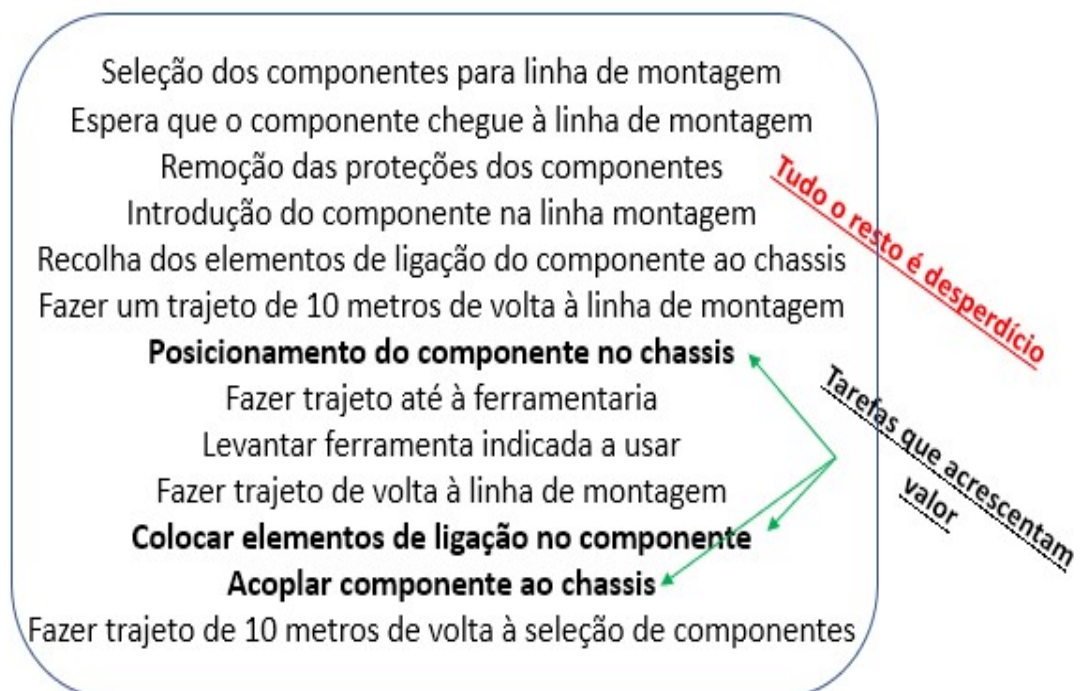


Figura 2.5 – Exemplo de desperdícios na produção de um chassi automóvel, adaptado de Liker (2004)

É nisso que a implementação do *Lean* num processo consiste, em reduzir ao máximo as atividades que não acrescentam valor, ou seja eliminar o desperdício, aquilo pelo qual não se obtém lucro.

É então que o termo *Kaizen*, que significa melhoria contínua, traduzido do japonês para português, surge. Em que *Kai* significa mudar e *Zen* significa para melhor. Em que o *Kaizen* é um conceito de melhoria contínua, dizendo-se assim que o *Kaizen* é o meio para se atingir o fim para o qual o *Lean* é implementado, seja esse fim a redução de desperdícios (Fraga, 2014) e (Administração, 2014).

## História do Desenvolvimento do Pensamento LEAN

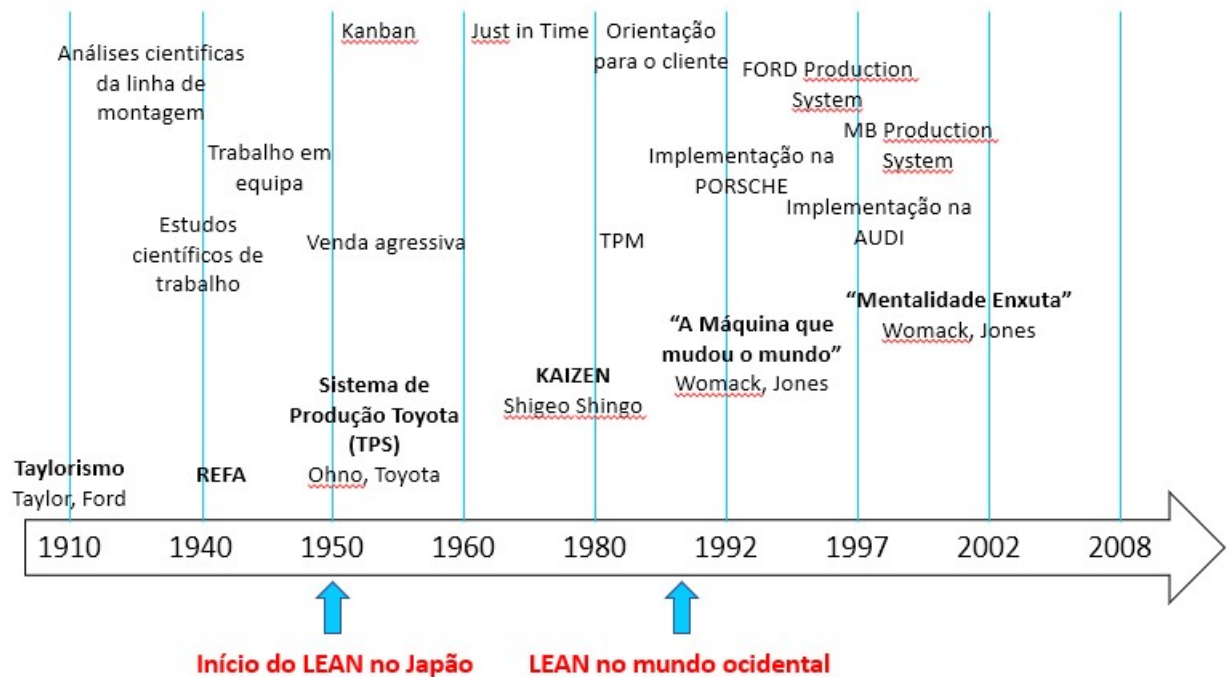


Figura 2.6 – Fita cronológica do Lean, adaptado de Seibel (2014)

### 2.2.2. O conceito *Lean Management*

#### ➤ O “Lean”

A tradução à letra do termo *Lean* para a língua portuguesa significa “magro”, perdendo assim algum do seu significado na tradução para o português, apesar de estar relacionada. Retira-se então a ideia do termo em português de algo sem excessos e sem gordura, mas do termo em inglês retira-se ainda uma ideia de intencional de se permanecer sem excessos ou gordura. Ou seja, de um modo geral, *Lean* transmite uma ideia de manutenção intencional e duradoura num estado de eficiência usando apenas e só os recursos necessários e sem qualquer tipo de excessos. Se o termo for aplicado numa de gestão de processos, a ideia transmitida terá a forma de um processo eficiente, consumindo assim apenas os recursos necessários, e com uma organização focada em mantê-lo assim. Um processo *lean* permitirá então alcançar mais, por menos (Gouveia, 2010).

#### ➤ Os princípios do *Lean Thinking*

O termo *Lean Thinking* foi pela primeira vez referido por *Womack e Jones* (1996), com o intuito de descrever a filosofia e práticas de trabalho implementadas através do *Toyota Production System*. O *Lean Thinking* consiste numa filosofia que auxilia a gestão de uma organização, isto é, está orientada para uma melhoria contínua dos processos e para a focalização de meios e métodos

necessários para promover essas melhorias. Pode-se dizer então que esta filosofia tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios e reunir as atividades que realmente acrescentam valor ao produto. Foi então aí em 1996 que este conceito foi formalizado de forma mais extensa, e tendo sido descrito como tendo cinco princípios-chave. Estes princípios foram ainda colocados numa sequência de maneira a que a sua realização sirva como um mapa para a implementação da filosofia *Lean* nas organizações (Cruz, 2013). Sendo estes os seguintes com a seguinte sequência:

1. O Valor – consiste nas características perceptíveis ao cliente, que cada produto ou serviço proporciona. Sendo essas as características que irão fazer a diferença no momento de decisão do cliente em adquiri-los, pois, o cliente irá ponderar sobre o preço e o esforço que será necessário para adquirir o bem/serviço e características inerentes. Quanto maior for o valor percebido pelo cliente, maior será a sua satisfação e confiança (Gestão, 2010).

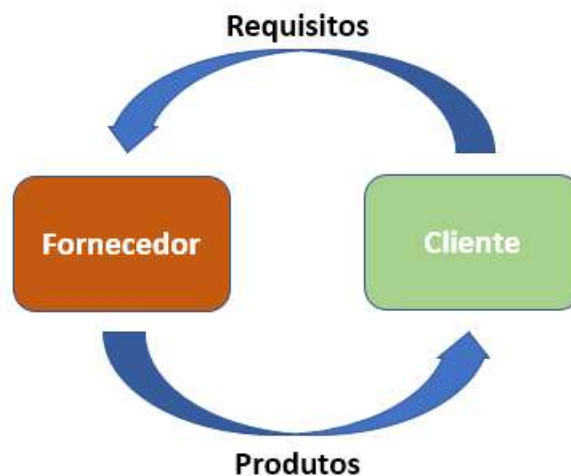


Figura 2.7 – Cadeia de valor, adaptado de Moreira (2011)

2. Cadeia de Valor – define qual o processo ou o conjunto de atividades do processo pelo qual o produto ou serviço tem que passar para serem concluídos. Como o valor foi definido pelas características que o cliente percebe e afeta a fase de seleção, pode-se incluir aqui esse conceito. Para analisar o valor existente na cadeia, procura-se identificar os desperdícios existentes para que estes sejam eliminados, o qual será efetuado etapa a etapa ao longo de todo o processo. Identificam-se tempos desnecessários, atividades inadequadas, métodos de trabalho ineficientes, padrões de qualidade indefinidos ou desajustados.

Ao longo de toda a cadeia de valor, e seguindo o estabelecido para realizar a análise de valor, identificam-se as atividades do seguinte modo: atividades que criam valor,

atividades que não criam valor, mas são necessárias, atividades que não criam valor e são desnecessárias. Ao se efetuar este tipo de análise, consegue-se uma perspectiva global da cadeia o que facilita a redução do desperdício, eliminando assim as atividades desnecessárias e que não criam valor, melhorando-se assim automaticamente o processo acrescentando valor ao produto ou serviço entregue ao cliente (Gestão, 2010).

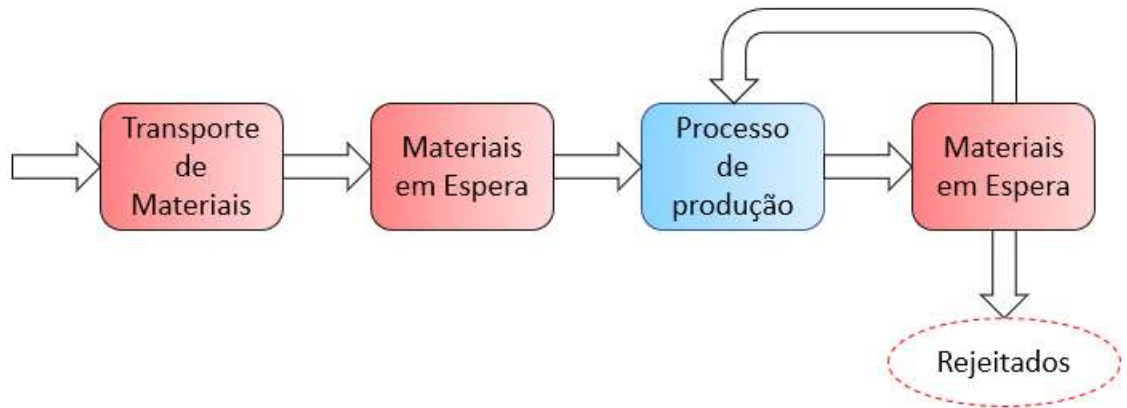


Figura 2.8 – Atividades que não acrescentam valor a um processo, adaptado de Moreira (2011)

3. Fluxo – pode ser um fluxo de pessoas, materiais, informação e até mesmo de capital. Este fluxo percorre toda a cadeia de valor e pretende-se que seja contínuo, de maneira a que não existam pontos de paragens ou uma diminuição da atividade na cadeia de valor. Isto para que os tempos de resposta aos pedidos dos clientes possam ser o mais diminutos possível. Todas as restrições que sejam identificadas na cadeia de valor devem ser de imediato atenuadas ou eliminadas de maneira a que a capacidade de resposta ao cliente seja a mais breve possível, tornando a organização mais competitiva e confiável (Gestão, 2010).

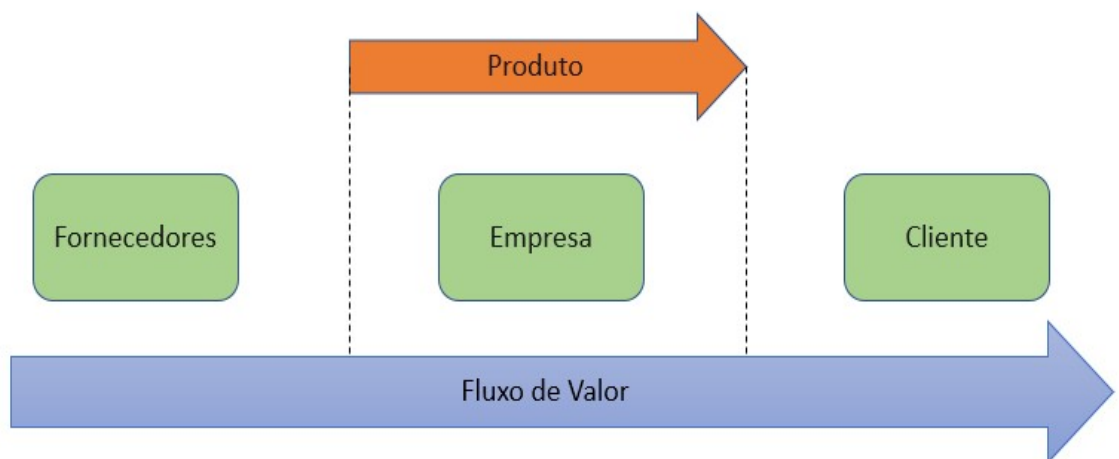


Figura 2.9 – Fluxo de valor, adaptado de Moreira (2011)

4. Sistema Pull – este princípio está diretamente relacionado com o conceito *Just-in-Time*, produzir apenas e só o necessário quando necessário, ou seja, quando haja uma demanda do cliente para a produção de um produto com as características definidas por si. Assim desta forma evita-se os excessos de produção, inventários, stocks, matéria prima e mão-de-obra desnecessária que não acrescentam valor nenhum ao processo (Gestão, 2010).
5. A procura da Perfeição – este princípio está diretamente relacionado com o conceito *Kaizen*, visto que procura a melhoria contínua, tem implícito a importância da qualidade e do fazer bem à primeira. Devendo-se reunir todos os esforços da organização procurando desperdícios e eliminando-os de modo a criar valor. Podendo-se fazer isso ministrando formação adequada aos colaboradores, distribuir instruções rigorosas e de qualidade para as tarefas principais, definir padrões e critérios de qualidade ajustados e garantir um bom supervisionamento de todas as etapas do processo. Deste modo será possível ter uma boa produtividade, custos reduzidos, melhores tempos de resposta e uma boa imagem perante o cliente, conquistando a sua confiança e fidelização (Gestão, 2010).

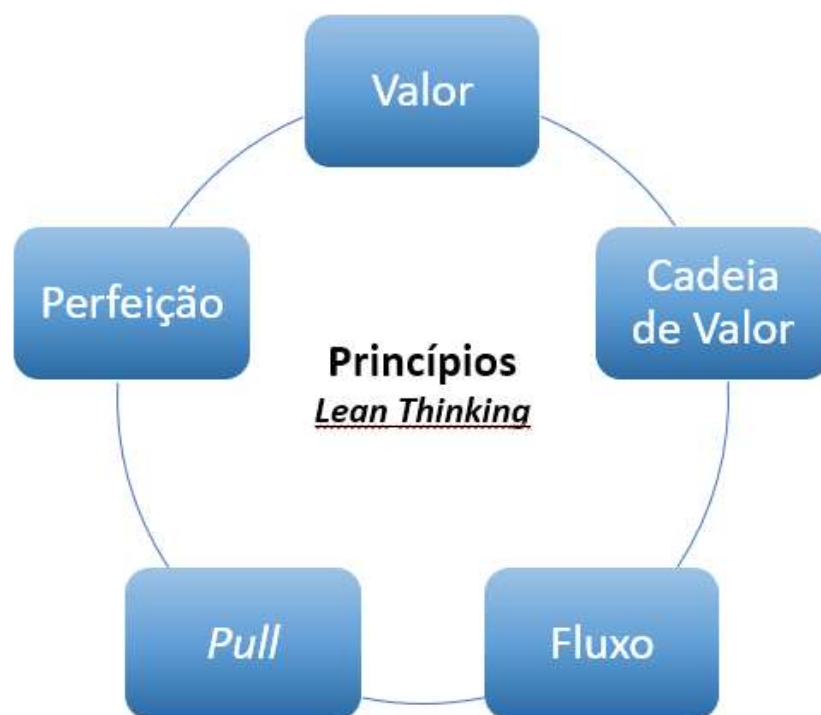


Figura 2.10 – Princípios Lean Thinking, adaptado de Womack and Jones (1996)

No entanto a Comunidade *Lean Thinking* (Pinto, 2014) achou que os cinco princípios definidos por *Womack e Jones* (1996) possuíam um vazio, visto que não existe apenas uma cadeia de valor, mas várias cadeias de valor, uma diferente para cada interveniente ou parte interessada no processo. Sugerindo assim que se considerem 2 novos princípios para o *Lean Thinking* sendo estes os seguintes:

6. Conhecer quem servimos – conhecer com detalhe todos os *stakeholders* do processo, com o foco direcionado ao cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor. Não interessa em que etapa da cadeia de valor o processo se encontra, a preocupação deverá ser sempre garantir a melhor qualidade possível ao cliente final (Pinto, 2014).
7. Inovação constante – inovar para ser mais, melhor e competitivo, sendo para isso necessário inovar e criar nos processos, novos serviços e criar novos produtos. Sempre com objetivo de criar valor na mira (Pinto, 2014).

Pode-se observar na figura 2.11, os sete princípios ordenados com a sequência correta do *Lean Thinking* segundo (Pinto, 2014).

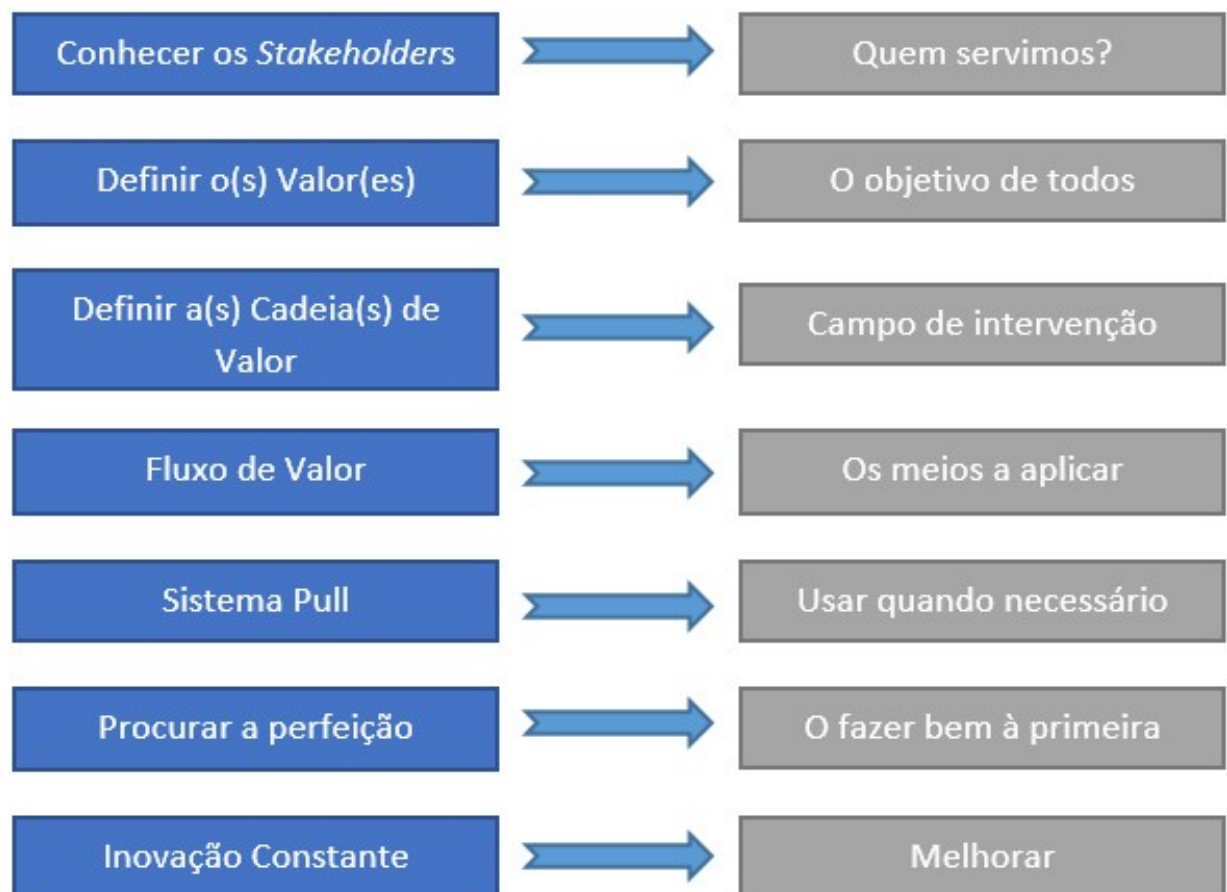


Figura 2.11 – Os 7 princípios Lean Thinking, adaptado de Pinto (2014)

## 2.3. Ferramentas e Conceitos do Lean Management

O *Lean Management* em si não é uma ferramenta, mas uma filosofia, que compreende a utilização de diversas ferramentas e técnicas que o tornam em algo físico, palpável e mensurável de forma a analisar, identificar e eliminar qualquer forma de desperdício para que assim se consiga proporcionar as melhorias necessárias num processo.

Com o objetivo de se implementar a filosofia *Lean Management* e com isso reduzir e eliminar os desperdícios, como tal, foram desenvolvidas várias ferramentas e conceitos. Sendo por exemplo algumas dessas ferramentas e conceitos os seguintes:

- 1- SIPOC
- 2- VSM (*Value Stream Mapping*)
- 3- *Kanban*
- 4- *Kaizen*
- 5- Fluxo Contínuo
- 6- Ciclo PDCA ou Ciclo de *Deming*
- 7- 6S
- 8- *Standard Work*
- 9- Gestão Visual

### 2.3.1. SIPOC

O SIPOC, acrónimo que significa, *Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*, é uma ferramenta de avaliação, que se apresenta sob a forma de um diagrama ou tabela. Recorre-se a este processo numa fase inicial de implementação do *Lean*, para se conseguir compreender de uma maneira mais célere as várias relações, responsabilidades e necessidades de cada etapa de um processo. Permitindo assim que haja um diagnóstico preciso antes de uma eventual intervenção. É, contudo, utilizada com o objetivo de se analisar as atividades macro de um processo, existindo também outras ferramentas do mesmo tipo para uma análise de um processo com mais detalhe como os fluxogramas ou *swimlanes* (Charron *et al*, 2014). Esta ferramenta pode também ser aplicada em qualquer outra fase do projeto, pois permitirá avaliar o progresso do trabalho que se tem vindo a desenrolar.

A ferramenta pode ser descrita por um conjunto de fases onde se encontram bem definidos:

- os fornecedores (*suppliers*) do processo, internos ou externos;
- os parâmetros de entrada (*inputs*) necessários a cada fase;

- uma descrição real e precisa do processo (*process*);
- as necessidades de produtos (*outputs*);
- os clientes (*customers*) internos ou externos.

Porém, Pinto (2013), sugere a seguinte sequência para o preenchimento do SIPOC:

1. Identificar os clientes conhecidos (*customers*);
2. Identificar as saídas do processo (*outputs*);
3. Identificar as entradas para o processo (*inputs*);
4. Identificar as principais atividades do processo (*process*);
5. Identificar os fornecedores (*suppliers*).

O SIPOC é constituído por 5 colunas correspondentes a cada uma das fases do processo, conforme se pode ver ilustrado na figura 2.12.

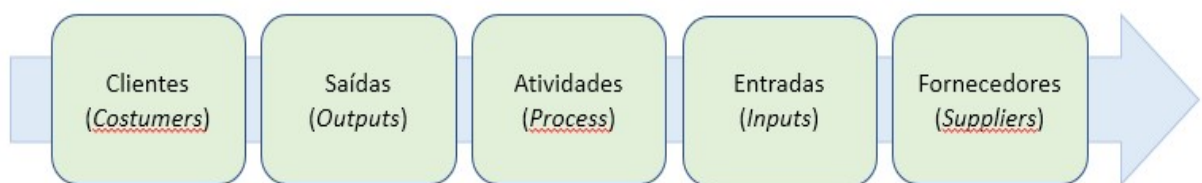


Figura 2.12 – Sequência de aplicação das fases do SIPOC, segundo Pinto (2013)

### 2.3.2. VSM (*Value Stream Mapping*)

O VSM, que traduzido para o português significa Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma ferramenta que permite olhar para todas as atividades do processo de um produto, desde a sua solicitação até à sua entrega ao cliente, que representam a cadeia de valor do produto. Através desta ferramenta é possível analisar e identificar as fontes de desperdício ao longo do processo e quais as causas de isso acontecer.

Esta ferramenta compreende o mapeamento físico e logístico do estado atual de um processo enquanto foca o estado futuro que se pretende para esse mesmo processo. Esse mapeamento tem em consideração o fluxo de processo ou produção, fluxo de informação ou comunicação e o fluxo de tempos e distâncias, que ajuda bastante na visualização da situação atual e na construção da situação futura (Rother *et al.*, 1999).

O VSM passa então por duas fases fulcrais:

- 1- O mapeamento do estado atual, para compreender como a cadeia de valor está a operar no presente, identificando-se assim os desperdícios e procedendo-se à resolução dos problemas na cadeia de valor;
- 2- O mapeamento do estado futuro, que passa por representar a cadeia de valor pretendida após a implementação das melhorias;

A equipa responsável por este exercício identifica, com recurso a *post-its*, cada uma das etapas de um determinado processo, desde o seu início até à sua conclusão, assinalando os pontos de comunicação, tempos de espera, deslocações, trabalhos desnecessários (Womack *et al*, 1996). O objetivo baseia-se na identificação e distinção das tarefas que adicionam valor ao processo e que o cliente está disposto a pagar, daquelas que não adicionam valor ao processo. No decorrer do processo de implementação *Lean*, a relação entre estes dois tipos de tarefas, deve evoluir favoravelmente.

Após estas fases é definido todo o plano de implementação, que vai identificar todas as etapas necessárias para se conseguir alcançar o estado futuro, apresentando os prazos e os objectivos das mesmas.

### **2.3.3. Kanban**

*Kanban* é uma palavra de origem japonesa que significa “anotação visível”, ou de uma forma mais universal significa “cartão, etiqueta ou sinal”, e que representa uma ferramenta de gestão *Lean* destinada ao controlo do fluxo de materiais, pessoas e informação com o intuito de garantir a fluidez dos processos e o funcionamento do sistema *pull*, sendo na sua essência, *Kanban* é um sistema de controlo visual (Melton, 2005).

O *Kanban* surgiu da necessidade de tornar simples e rápidas as atividades de programação, controlo e acompanhamento de sistemas de produção em lotes, como tal é uma forma de ordenar trabalho, partindo do princípio que nenhum posto de trabalho está autorizado a produzir sem que o seu cliente (interno ou externo) autorize (Ferreira, 2011). O cartão, funciona como um alarme para a produção, ordenando assim a manufatura de um dado produto, podendo ainda controlar visualmente e programar a produção de acordo com as necessidades desse produto. Pode-se dizer que esta ferramenta está em muito relacionada com o *Just-in-Time*, produzir apenas e só quando necessário.

Existem dois diferentes tipos de cartões *kanban*, os cartões *kanban* de produção e os cartões *kanban* de movimentação (Tubino, 1997). Os cartões *kanban* de produção são responsáveis pela autorização da instalação ou produção de determinado produto, já os cartões de requisição autorizam a movimentação dos produtos entre cliente e fornecedor do produto, estes são, ainda, subdivididos em dois tipos, o *kanban* de requisição interna e o *kanban* de fornecedor. Os cartões *kanban* podem ser divididos das seguintes formas:

- Cartão *kanban* de produção: O cartão *kanban* de produção atua no centro de trabalho que executa determinada atividade produtiva, sendo responsável por autorizar a produção dos de determinado produto (Tubino, 1997). Assim, o cartão *kanban* informa a produção acerca do fornecedor, do tipo e da quantidade do produto a ser produzido para repor o que foi consumido pelo cliente (Werkema, 2006).
- Cartão *kanban* de requisição interna: Este tipo de cartão é também conhecido como cartão de transporte, recolha ou movimentação. A sua finalidade é realizar a requisição de materiais, autorizando assim o fluxo de produtos entre o consumidor e o produtor, principalmente, quando estes e encontram distantes um do outro (Tubino, 1997). No fundo, este cartão informa o tipo e a quantidade de produto a transportado para o processo seguinte (Werkema, 2006).
- Cartão *kanban* de fornecimento: Este cartão autoriza o fornecedor externo à organização realizar uma entrega de produto na organização, isto é, funciona como uma ordem de compra externa convencional. Esta ordem de compra só acontece quando o processo interno que consome determinado produto já tenha consumido o stock desse produto correspondente ao cartão (Tubino, 1997).

O *Kanban* é uma ferramenta que ajuda também na identificação de problemas nos processos de produção, tais como, nos tempos de *setups*, qualidade de produção, manutenção na linha de produção e *layouts* impróprios para a produção desejada. Para se conseguir isto, o sistema procura eliminar os stocks entre os sucessivos processos e minimizar equipamentos, processos e mão-de-obra inúteis. O sistema pode também ser visto como uma estratégia para possibilitar melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos e nos processos da produção (Shingo, 1996).

#### 2.3.4. *Kaizen*

Como já referenciado anteriormente neste trabalho, a palavra *Kaizen* significa melhoria contínua, isto é, o *Kaizen* é um conceito *Lean* de melhoria contínua, cujo o objetivo é a implementação progressiva dos mesmos e a revisão de mudanças aplicadas a um processo produtivo, procurando a perfeição desse mesmo processo, uma vez que este não acaba, isto é, após um *Kaizen* haverá sempre outros *Kaizens*, mantendo assim o processo sempre em busca de melhoramentos.

No uso desta ferramenta é originado um Evento que pode ir entre dois a dez dias, tendo em conta o que se pretende melhorar e implementar, onde é necessária a criação de um grupo de trabalho constituído por colaboradores das diferentes áreas intervenientes do processo que se pretende melhorar, de modo a se conseguir solucionar qualquer problema que possa vir a surgir. O *Kaizen* é uma ferramenta na qual as pessoas trabalham em conjunto com vista a melhoria do desempenho dos seus processos, a aproximação do desempenho aos valores de referência e, continuamente, acompanhar e responder às necessidades e expectativas dos clientes (Pinto *et al*, 2010).

Os eventos *Kaizen* normalmente manifestam-se na forma de opiniões e sugestões. Nesse caso a atenção e a receptividade das chefias para com o sistema de sugestões são essenciais caso desejem ter pró-ativos e dinâmicos, que procuram melhorar a desenvoltura e qualidade do seu serviço. Desta forma é necessário que exista a implementação de um plano bem estruturado que assegure que o sistema de sugestões seja dinâmico.

Estes sistemas de sugestões estão em operação na maioria das grandes empresas de produção e manutenção e em cerca de metade das pequenas e médias empresas. Sendo que os principais assuntos das sugestões neste sistema das empresas são (Imai, 1986):

- Melhorias no próprio posto de trabalho;
- Economia de energia, materiais e outros recursos;
- Melhoria no ambiente de trabalho;
- Melhorias nas máquinas e processos;
- Melhoria nos dispositivos e ferramentas;
- Melhorias no trabalho do escritório;
- Melhoria na qualidade do produto;
- Ideia de novos produtos;
- Serviços e relações com o consumidor.

### **2.3.5. Fluxo contínuo**

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *Lead Time* de produção. A implementação de um fluxo contínuo, normalmente requer a reorganização do layout industrial. É realizada a conversão dos tradicionais layouts funcionais (ou layout por processos) onde as máquinas, equipamentos e recursos estão agrupados de acordo com os seus processos (ex: secção de prensas, secção de equipamentos de apoio, secção de chaves, secção de tornos, etc.) para os postos de produção, compostas dos diversos processos necessários à produção de determinados grupos de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de produção e montagem em células de produção é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção *Lean*. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementação de um fluxo unitário de produção, em que, no limite, os stocks entre processos sejam completamente eliminados.

Desta forma garante-se a eliminação das perdas por stock, perdas por espera conseguindo assim a redução do *lead time* da produção.

A sincronização do fluxo de peças individuais, pode acabar com a espera entre processos. A implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um balanceamento perfeito das operações ao longo dos postos de produção e montagem (Shingo, 1996).

### **2.3.6. Ciclo PDCA ou Ciclo de *Deming***

Esta ferramenta é uma metodologia de resolução de problemas que pode ser aplicada em quase todo o tipo de problemas ou aplicação de melhorias oriundas de um Evento *Kaizen*.

O seu nome tem origem no formato de uma folha de papel A3 na qual o projeto deve ser resumido e apresentado. Para uma resolução rápida, simples e eficaz, devem ser respeitados 8 passos divididos pelas quatro áreas seguintes: *Plan, Do, Check and Adjust* (PDCA) (Salvada, 2003).

#### **1- Plan / Planear**

- a) Identificar e descrever o problema: de uma forma clara, sucinta e mensurável, indicando qual o desvio em relação à norma.
- b) Perceber o processo: observar o processo até se compreender todo o funcionamento do processo.

- c) Definir um objetivo: claro, sucinto e mensurável e atribuição de uma data limite para a sua concretização.
- d) Perceber as causas do problema: através da recolha e análise de dados, membros da equipa e usando a regra dos “5 *Whys*”. Registrar as causas encontradas.

2- Do / Fazer

- e) Definir tarefas: encontrar e implementar as soluções de menor custo, de melhor aceitação e de rápida implementação. Atribuir as responsabilidades das tarefas aos membros da equipa, agendando as suas datas de execução.

3- Check / Verificar

- f) Verificar resultados: avaliar e expor graficamente os resultados das tarefas designadas, com uma comparação entre os dados relativos às situações anteriores e posteriores.

4- Act or Adjust / Atuar ou Ajustar

- g) Uniformizar: formalizar o novo processo de forma escrita e treinar todos os colaboradores afetos às alterações de maneira a que todos entendam o que se pretende.
- h) Celebrar o sucesso: reconhecer e partilhar os créditos da implementação com todos os envolvidos no processo.

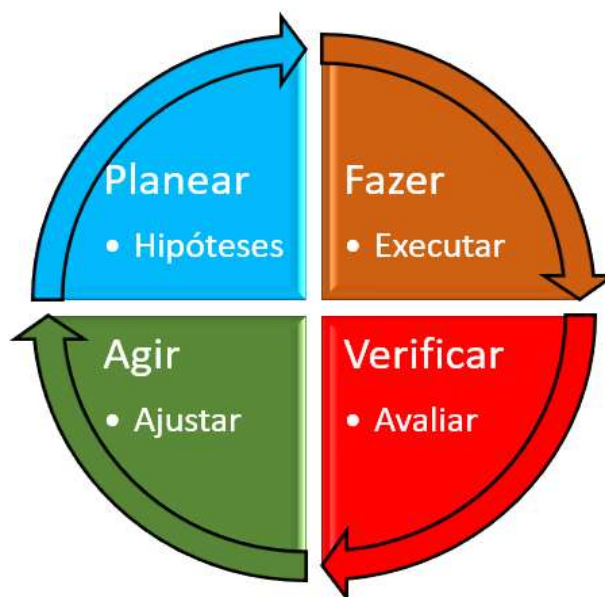


Figura 2.13 – Ciclo PDCA

A equipa responsável por elaborar um A3 deve ser composta por um grupo na volta dos 6/7 elementos e as conclusões das quatro áreas devem ser rigorosamente documentadas. O A3 pode adotar vários esquemas, mas provavelmente o mais comum é o ilustrado na figura 2.14.

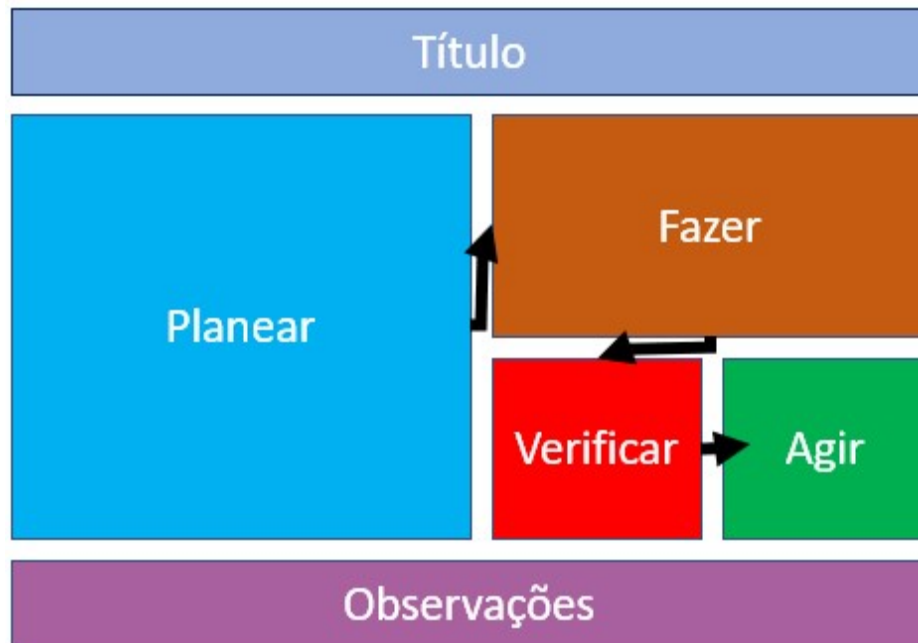


Figura 2.14 – Esquema do A3 (PDCA)

O A3 deve ser exposto num local onde possa estar visível para todos de maneira a facilitar a sua difusão e a promover sugestões. Este método, para além de ser simples e conciso, tem a vantagem de já ter sido extensivamente comprovado.

### 2.3.7. 6S

Esta foi uma ferramenta criada com intuito de ajudar a melhorar a organização e a gestão do ambiente e fluxo de trabalho, que se baseia na manutenção das condições ótimas de trabalho, de forma organizada e arrumada, com o objetivo de eliminar desperdícios nos postos de trabalho, conseguindo-se com isso melhorar a eficiência da mão-de-obra.

A ferramenta 6S tem como objetivo combater eventuais perdas e desperdícios nas organizações e indústrias, educando o quadro de pessoal envolvido diretamente como método para aprimorar e manter o sistema de qualidade. Desta forma, o 6S auxilia na reorganização da empresa, facilita a identificação de materiais, elimina materiais obsoletos, ajuda na melhoria da qualidade de vida, bem como do ambiente de trabalho para os membros de uma qualquer organização (Thomaz, 2015).

Este é um método bastante simples de se implementar, com uma obtenção de resultados bastante rápida em várias áreas, como no ambiente de trabalho, organização da área funcional, qualidade de vida dos colaboradores e segurança.

Esta ferramenta é então caracterizada por 6 “S”, ou seja, seis conceitos-chave. Esta ferramenta era primariamente composta por 5 “S”, até se ter adotado mais tarde um sexto S para *Safety* ou Segurança em português (Liker, 2004). São então os 6 “S” os seguintes:

- 1- Seiri/Sorting/Escolher – Verificar todo material, ferramentas, maquinaria, etc. existentes no local de trabalho removendo tudo o que não seja necessário ficando apenas o essencial. Tudo o que não seja essencial deve ser armazenado noutra local ou mesmo eliminado;
- 2- Seiton/Straighten/Ordenar – Organizar todo o tipo de material, ferramentas, maquinaria, *spares*, áreas, etc. de modo a que tudo esteja acessível e facilmente alcançável num mínimo espaço de tempo. Os itens de uso mais frequente devem ser colocados no local de uso e ordenados conforme o uso, com um sítio próprio bem identificado. Este passo deve ser acompanhado por ferramentas de gestão visual do espaço para facilmente se identificar faltas;



Figura 2.15 – Exemplos de organização de ferramentas

- 3- Seiso/Sweeping/Varrer – Limpeza de toda a área de trabalho, ferramentas, equipamentos e máquinas. Isto ajuda a manter a organização na área de trabalho, a operação em segurança, mantém o local pronto a usar e pronto para inspeção o que leva à identificação imediata de problemas;

- 4- Seiketsu/Standardizing/Uniformizar – Usar a mesma disposição das áreas de trabalho do mesmo sector, os mesmos controlos visuais, as mesmas ferramentas, os mesmos equipamentos, as mesmas instruções, a mesma formação, uniformizar o trabalho em todas as áreas de trabalho;
- 5- Shitsuke/Sustaining/Manter – Monitorizar, manter e rever as alterações efetuadas, de modo a manter os resultados alcançados e torná-los num costume do dia-a-dia.
- 6- Safety/Segurança – Disponibilizar formação adequada aos colaboradores. Implementação de normas limpeza, higiene e segurança, e identificar os perigos e riscos associados à ergonomia, ambiente, incêndios, proteções em máquinas e ferramentas.

### **2.3.8. Standard Work**

O *Standard Work*, ou em português Uniformização de Trabalho, é uma das ferramentas fundamentais para um bom desempenho de produção, que conduz aos objetivos *Lean*, de máxima eficiência, máxima qualidade, redução de custos, comunicação efetiva (Correia, 2012). Como o próprio nome indica leva a que não existam dúvidas em relação ao que ser efetuado, como efetuar, quando efetuar e onde efetuar, de maneira a tudo ser feito do mesmo modo, para que não existam desperdícios mais do que o necessário.

Esta tarefa mostra-se bastante útil quando aplicada a um processo que seja composto por um conjunto de várias tarefas e operações que se repetem por cada unidade produzida, a experiência juntamente com elementos da produção em massa demonstram que se torna mais produtivo definir uma metodologia rígida e inflexível para efetuar essa tarefa. Desta forma, a repetição associada à exponencial familiarização com as tarefas e operações do processo, irá reduzir o tempo total de execução da tarefa bem como diminuir a ocorrência de erros (Correia, 2012).

Esta ferramenta é também uma excelente forma de garantir que o nível de qualidade se mantém, visto que o método a utilizar ter sido alvo de uma análise para determinar qual a maneira mais eficiente de realizar a tarefa, dadas as capacidades tanto em termos de mão-de-obra, como das ferramentas e equipamentos disponíveis, tendo como objetivo minimizar as possibilidades de ocorrerem defeitos e com os melhores resultados (Correia, 2012).

Por outro lado, se o trabalho for uniformizado de forma semelhante para os vários processos, corre-se o risco de reduzir a curva de aprendizagem aquando da mudança de funções ou posto de trabalho dos trabalhadores, visto que o novo trabalho é semelhante ao antigo (Correia, 2012).

### **2.3.9. Gestão Visual**

Estando um processo estandardizado, é necessário proceder à sua monitorização para evitar desvios, assegurar que o novo formato de processo está a cumprir com os objetivos e verificar a necessidade de ajustes ao processo. Da mesma forma, é necessário fornecer ferramentas e instrumentos de apoio para facilitar as tarefas e a adaptação ao novo método e local de trabalho.

Existem todo um conjunto de ferramentas de Gestão Visual que podem ser implementadas. Esta ferramenta permite o acompanhamento em tempo real do cumprimento dos objetivos propostos, ajudando a reajustar atempadamente o processo sempre que necessário, antes que o desvio ao planeado seja demasiado grande.

Com o auxílio desta ferramenta é possível identificar-se no imediato se existem e onde se encontram os problemas do processo ou atividade que necessitam de ser intervencionados, encontrando-se toda a informação necessária, disponível e perceptível para todos (Liker, 2004).

A Gestão Visual pode ser expressa através de cartazes, marcações, quadros, placards luminosos, luzes, bandeiras entre outros, e desenvolvidos de maneira a que sejam fáceis de entender, devendo ser sempre o mais simples e concisas possível, visualmente apelativas, grandes o suficiente para serem perceptíveis e visíveis à distância e para que seja possível a um leigo daquela tarefa específica compreender o conteúdo daquela ferramenta visual e consiga detetar os desperdícios de um modo fácil e eficaz, fazendo sobressair atrasos, avanços e quais as suas causas (Liker, 2004).

## **2.4. O *Lean* e a Indústria Aeronáutica**

O *Lean* surgiu pela primeira vez na indústria aeronáutica por intermédio da Força Aérea Americana em 1993 quando a MIT iniciou um estudo de forma a verificar se os conceitos *Lean* estudados noutras indústrias até à data, poderiam ser também aplicados à indústria aeronáutica (militar). Do estudo efetuado surgiram resultados bastante positivos, o que resultou no aparecimento do *Lean Aircraft Initiative* (LAI). “*A LAI edifica e estende o paradigma do Lean por meio da procura em melhorar a produtividade e reduzir custos na indústria aeronáutica militar, em parceria com a Força Aérea Americana, MIT e mais de 20 indústrias.*” (Ferreira, 2011).

Um evento bastante importante da aplicação do *Lean* na indústria aeronáutica em Portugal aconteceu no ano de 2007 quando a Força Aérea Portuguesa implementou um projeto que visou o aumento de capacidade de manutenção e operacionalidade da aeronave F-16AM MLU, como também a maximização, rentabilização de processos de trabalho e redução de custos de sustentação. No início do ano de 2011 a Força Aérea realizou o mapeamento das cadeias de valor

do planeamento operacional e da manutenção da linha da frente, com o objetivo de melhorar e otimizar as saídas do F-16, onde foram identificadas boas e grandes oportunidades de melhoria em aspetos relacionados com a elevada dispersão das aeronaves, a sazonalidade das saídas, alterações ao planeamento, tempos da preparação das aeronaves para voo, duração e formação da qualificação de pilotos e mecânicos (Ferreira, 2011).

A implementação e execução de novos procedimentos nestes processos confirmaram os objetivos, redução do tempo efetivo de preparação das aeronaves em 15%, redução em 50% do tempo total de qualificação de pilotos e mecânicos, bem, como o número de instrutores, eliminação dos cancelamentos de saídas, redução do número de alterações de aeronaves atribuídas para as saídas em 50% (Ferreira, 2011).

Este exemplo prático teve tanto sucesso na Força Aérea Portuguesa, que mais tarde foi expandido às outras frotas de aeronaves, com maior ênfase nas áreas de manutenção, tendo como principais objetivos a melhoria das cadeias logísticas e tempos de imobilização das aeronaves para manutenção, tendo com isso conseguido alcançar reduções de tempo na ordem dos 50%, nos casos das paragens das aeronaves para manutenções programadas.

Para além da Força Aérea Portuguesa, em Portugal, temos como grandes exemplos a OGMA e a TAP ME (Fraga, 2014) que utilizam as técnicas e metodologias *Lean* com grande expressão nos seus centros MRO, e também a EMBRAER Portugal que no seu caso utiliza na produção de peças e componentes de aeronaves.

## **2.5 Conclusão**

Esta secção tem como desígnio efetuar uma revisão bibliográfica sobre o tema, esta revisão assenta em trabalhos académicos e é descrita ao longo desta secção.

A revisão bibliográfica efetuada teve como objetivo verificar os estudos realizados que se debruçassem sobre a aplicação do *Lean* nas áreas de produção e manutenção. Neste capítulo são apresentados 5 artigos, de uma maneira muito sucinta, onde é possível constatar que o *Lean* tem tomado uma parte muito importante em diversas áreas, com uma maior incidência na manutenção e produção.

Em 2014 foi efetuado um estudo sobre a integração dos paradigmas *Lean maintenance* e *green maintenance* na gestão de manutenção em simultâneo, onde se verificou que esta integração leva uma manutenção a tornar-se mais simples, eficiente e sustentável. Onde o *Lean* vai contribuir para

a maximização dos lucros através da redução de custos, enquanto a *Green* vai contribuir para maximização do lucro, com a redução da influência negativa no ambiente através da redução da dependência de energia elétrica, consumo de matéria-prima, uso e gestão de lubrificantes e etc (Kaczmarek, 2014).

Também no ano 2014 foi elaborado um estudo focado na otimização da manutenção de sistemas industriais usando para isso a metodologia 6 Sigma, tendo como objetivo aumentar a qualidade e a rentabilidade da indústria Argelina de modo a esta acompanhar a tendência dos mercados mundiais e conseguir tornar-se competitiva. Esta ferramenta ajudou a compreender que não pode haver uma estratégia de otimização local, mas global, tendo-se conseguido concluir que usando a metodologia 6 Sigma de um modo assertivo, esta é mais que capaz para esse efeito, visto não deixar nada ao acaso e abordando todas as áreas, num processo de otimização. Mas existindo a ressalva que para o uso desta metodologia na manutenção é necessário que exista um bom conhecimento do processo visto que muitas das ferramentas usadas são baseadas em técnicas estatísticas e diferentes modos de análise, tais como, a FMEA, Pareto, 5S, Hishikawa e etc (Youssof *et al*, 2014).

Em 2015, foi elaborado um estudo, sobre a reorganização de um departamento de manutenção de uma empresa onde foi implementada a gestão de manutenção, que até ao momento era inexistente, com base num conjunto de métodos e técnicas do *Lean Manufacturing*. Com a implementação do *Lean Manufacturing*, conseguiu-se identificar e eliminar os desperdícios e reduzir os custos naquela manutenção, melhorando assim bastante o seu desempenho e conseguindo responder a todas as situações que necessitavam a sua intervenção (Arslankaya *et al*, 2015).

Também em 2015, foi elaborado um estudo acerca da relação entre a aplicabilidade da filosofia *Lean* nos processos produtivos e nos processos de manutenção, chegando-se à conclusão que uma organização não consegue eliminar os desperdícios e alcançar os seus objectivos apenas aplicando a filosofia *Lean* nos processos produtivos, para isso terá também que aplicar a filosofia *Lean* aos processos de manutenção, porque por muito que se tenha um processo de produção otimizado, mas a manutenção não o for também, nunca se conseguirá alcançar o sucesso (Mostafa *et al*, 2015).

Em 2017, foi elaborado um estudo sobre a viabilidade da implementação da filosofia *Lean* em pequenas e médias empresas, visto que as mesmas visando a redução de custos apenas reduziam a qualidade dos materiais ou sobrecarregavam os seus trabalhadores com mais trabalho, como tal este estudo veio demonstrar que a filosofia *Lean*, é também aplicável a estas empresas, e que as mesmas estão prontas para tal, e não apenas a grande empresas. E mostrar-lhes que para haver uma

redução de custos não se terá de reduzir necessariamente na qualidade dos materiais nem sobrecarregar os trabalhadores, mas sim como a própria filosofia *Lean* ensina, reduzir no que é desnecessário, demasiado tempos de espera por materiais, movimentos desnecessários, falhas dos equipamentos e etc. Resumindo este estudo demonstra que a filosofia *Lean* pode ajudar qualquer tipo de empresa ou organização a alcançar os seus objetivos (Antosz *et al*, 2017).



### 3. Modelo de Suporte à Execução de Inspeções Programadas

Neste capítulo será desenvolvido um modelo de aplicação das técnicas *Lean* para a aplicação ao caso de estudo a ser abordado nesta dissertação, de modo a serem analisados os benefícios da aplicação das técnicas *Lean* nesse mesmo caso de estudo.

#### 3.1. Modelo de Suporte à Execução de Inspeções Programadas

O modelo proposto de manutenção visa avaliar, implementar e executar uma alternativa que permita criar valor, em termos de planejamento de manutenção, à execução das inspeções programadas da aeronave AD&S C-295M, estudando os planejamentos das sequências de tarefas a serem executadas nessas inspeções, com vista a diminuição do tempo de execução destas contribuindo assim para a diminuição do tempo de imobilização em inspeção e aumento da disponibilidade operacional das aeronaves.

O modelo apresentado nesta dissertação seguirá uma sequência de aplicação, composto por 3 etapas, de modo a ser elaborada uma avaliação correta das alternativas de execução das inspeções programadas propostas.



Figura 3.1 – Etapas do MS – EIP do Planejamento de Manutenção

O modelo proposto de planeamento de manutenção é denominado por MS - EIP, sendo estruturado pelas seguintes etapas de execução:

1. Analisar – Análise/avaliação e modificação do planeamento;
2. Executar – Executar o planeamento;
3. Reformular – Conclusão do planeamento proposto.

### **3.2. Etapas do Modelo MS - EIP**

#### **I. Analisar**

A análise/avaliação do planeamento de tarefas de inspeção é uma das duas etapas com maior importância neste modelo. Através desta é feita uma análise empírica à sequência de execução das tarefas das inspeções programadas, verificando-se teoricamente se este corresponde a uma ordem de execução de tarefas eficiente, podendo-se ou não efetuar uma reestruturação da sequência das tarefas de inspeção a executar.

#### **II. Executar**

Como acontece com a avaliação/análise de tarefas de inspeção, a execução do planeamento de tarefas de inspeção é a outra etapa com maior importância, visto que é nesta etapa que se põe em prática a sequência de tarefas a executar nas inspeções, com base na análise feita previamente na etapa anterior, e se verifica empiricamente a viabilidade e as alterações que podem ter sido efetuadas ou não ao planeamento, de modo a contribuir para a construção de uma sequência das tarefas de maneira a que as aeronaves se encontrem imobilizadas em inspeção o menor espaço de tempo possível.

#### **III. Reformular**

É onde, após execução da inspeção das aeronaves, se chega à conclusão se a estrutura da ordem das tarefas a executar nas inspeções foi elaborada da maneira mais eficiente possível, e se se pode melhorar algo. Caso se tenha concluído que essa estrutura esteja indicada para um dado tipo de inspeção, segue-se essa estrutura de inspeção nas inspeções seguintes desse mesmo tipo, caso se tenha concluído que não foi a mais indicada, a mesma irá sofrer nova reestruturação antes da próxima inspeção do mesmo tipo, ou seja, irá passar novamente pelas 3 fases deste modelo.

### 3.3. Fases de aplicação do MS – EIP

Após a justificação da seleção das ferramentas a serem utilizadas no modelo proposto de planeamento de manutenção MS – EIP, a figura 3.2 demonstra quais os pilares onde assentará o modelo, bem como as suas várias etapas:



Figura 3.2 – Pilares do Modelo de Planeamento de Manutenção MS – EIP

Resumindo, o MS – EIP é composto pelas seguintes fases de aplicação:

#### **I. Analisar**

##### ➤ Analisar o Planeamento:

Nesta etapa começa-se por analisar tarefa a tarefa das duas aéreas de execução para cada diferente tipo de inspeção, para que com isso se construa um planeamento que seja o mais benéfico para a redução dos tempos de execução das inspeções.

➤ Identificar discrepâncias:

Após a primeira análise do planeamento são identificadas todas e quaisquer discrepâncias que possam existir no planeamento da inspeção, sejam estas de tempos de execução, recursos humanos, e *slots* de execução de tarefas mal atribuídos.

➤ Propor/alterar o planeamento:

Após se identificarem todas as discrepâncias, estas são analisadas e propostas alterações por parte dos inspetores chefes da inspeção, sendo depois discutida a viabilidade dessas alterações sendo posteriormente efetuadas as alterações necessárias ao planeamento para que este seja o mais viável para a manutenção.

## **II. Executar**

➤ Executar o planeamento:

Nesta etapa é posto em prática o planeamento de manutenção proposto na fase anterior, seguindo todas as diretrizes estabelecidas nele, nomeadamente número de horas de mão-de-obra por tarefa de manutenção e *slots* de execução das tarefas.

➤ Verificar viabilidade do planeamento:

No decorrer da execução do planeamento proposto vão sendo verificadas se as diretrizes que constam no mesmo se adequam à realidade da manutenção.

➤ Identificar melhorias:

Se for reparado que alguma das diretrizes constantes do planeamento proposto não corresponderem à realidade da manutenção e que tenham de ser alteradas, são registadas para que sejam discutidos no debriefing final da respetiva inspeção.

## **III. Reformular**

➤ Analisar melhorias identificadas:

Tendo em conta o já mencionado na etapa anterior, é nesta etapa que se efetuará a análise de todas as alterações/melhorias propostas notadas no decorrer da execução do planeamento proposto, e verificado se a implementação das mesmas é ou não viável, tendo em conta a realidade da manutenção.

➤ Introduzir as melhorias no planeamento:

Caso seja notado que alguma ou algumas das melhorias propostas sejam realmente viáveis, o planeamento será reformulado com a aplicação dessas mesmas melhorias de modo a que exista um planeamento mais adequado à realidade possível.

➤ Sensibilizar os executantes:

Depois de todas estas fases e alterações é necessário que exista uma sensibilidade de todos os executantes das inspeções para que estes tenham conhecimento das alterações efetuadas aos planeamentos de modo a que não existam mal-entendidos ou erros nas inspeções seguintes.

### **3.3.1. Atribuição de ferramentas *Lean* ao MS – EIP**

O modelo proposto de planeamento de manutenção será aplicado a uma organização de manutenção aeronáutica, o qual irá permitir haver uma análise quantitativa dos tempos de execução das inspeções programadas, de modo a existir uma avaliação correta do tempo de imobilização das aeronaves para manutenção programada, e sejam avaliadas várias opções de melhoria que possam permitir um aumento da disponibilidade operacional das mesmas.

De acordo com este Caso de Estudo, e dentro das ferramentas *Lean* já apresentadas no Capítulo 2 serão atribuídas ferramentas de análise para auxiliar as etapas do Modelo de Suporte proposto nesta dissertação.

#### **I. Analisar**

##### 1. VSM

O VSM é uma ferramenta que permite identificar fontes de desperdício que não acrescentam valor a um processo, e que ajudará a ter uma perceção global do estado atual do planeamento de tarefas de inspeção, desde o início até à sua conclusão, ajudando assim a identificar e a organizar as tarefas do planeamento, que em certas fases da inspeção em que estão a ser executadas não acrescentam valor, mas sendo executadas noutras fases da inspeção já acrescentarão valor. Tendo como objetivo melhorar o fluxo de tempo, comunicação, movimentação e execução das inspeções, de modo a que seja seguida uma certa ordem de execução das tarefas que leve a uma redução e eliminação das fontes de desperdícios.

Resumindo o VSM a ser executado não é um VSM como o comumente já conhecido porque não tem como objetivo identificar as tarefas que não criam valor e eliminá-las, mas sim identificar as

tarefas que sendo executadas numa dada altura da execução da inspeção e tempo que está estipulado executar as mesmas, simplesmente prejudicam o desenrolar da inspeção e pegar nessas mesmas tarefas e atribuir-lhes tempos de execuções adaptados à realidade da manutenção e colocá-las numa altura da execução da inspeção em que criam valor, valor esse que consiste na redução dos tempos de execução das inspeções programadas.

## **II. Executar**

### 1. Standard Work

O *Standard Work* dentro das ferramentas apresentadas no Capítulo 2, foi selecionada visto ser uma importante ferramenta na execução de processos, sejam eles de manutenção ou produção, pois permite que não existam dúvidas do que fazer ou usar e em que altura o fazer e usar, por parte de quem executará um dado processo. Como tal o intuito da seleção desta ferramenta nesta etapa foi o de suportar a ordem de execução das tarefas, de modo a que qualquer que fosse o tipo de inspeção a ser executada segundo uma e apenas uma ordem de execução qualquer que fosse o executante. Assim qualquer executante que participe numa dada inspeção sabe a ordem de tarefas que tem de seguir, sem desperdício de tempo e movimentações questionando-se e investigando qual será a tarefa a executar após ter concluído a anterior. Tendo sido esse trabalho já elaborado na etapa anterior deste modelo.

### 2. Gestão Visual

A Gestão Visual é selecionada para esta etapa visto ser uma importante ferramenta de suporte à execução de um processo, tendo em conta que ajuda a ter uma perspetiva da fase/situação em que se encontra um processo, e se o tempo de execução do mesmo está conforme o estipulado previamente, por parte de todos os elementos participantes nesse processo. Através de representações em formato de papel e digitais é possível fazer uma análise rápida do estado de desenvolvimento de uma inspeção, verificando-se se existe algum desvio e a amplitude desse desvio, ao planeamento efetuado e o intervalo de tempo de execução teórico que é estipulado nesse planeamento e se a sequência de execução das tarefas é cumprida como planeado. Caso o estado do desenvolvimento da inspeção não esteja a ser o pretendido, esta ferramenta permite identificar atempadamente as lacunas existentes, de modo a que se possa tomar ações que permitam colmatar essas mesmas lacunas, e se consiga cumprir com o planeamento estipulado.

### **III. Reformular**

#### 1. Kaizen

Após a conclusão de cada inspeção é feito uma reunião de de-briefing onde se discutirá o planeamento proposto, a execução do mesmo durante a etapa anterior, como tal, a ferramenta *Kaizen* ou melhoria contínua é selecionada nesta etapa neste caso de estudo, com o intuito de ajudar a melhorar os processos de manutenção. Nestas reuniões serão discutidas todas as dificuldades sentidas durante a execução da inspeção, sejam elas de planeamento, faltas de recursos humanos ou materiais ou comunicação, e onde serão também abordadas e discutidas todas as sugestões de todos os elementos envolvidos nas execuções das inspeções com o objetivo de se melhorar os processos de manutenção de inspeção para inspeção, de modo a que exista um processo de melhoria contínua, que contribua para os objetivos da instituição.

Este modelo após a sua implementação, será usado em todas as inspeções programadas executadas pela manutenção do C-295M, com o objetivo de existir uma melhoria contínua da manutenção, a nível dos tempos de execução dessas mesmas inspeções programadas.



## 4. Caso de Estudo

Será neste capítulo que o caso de estudo será apresentado e onde o modelo desenvolvido no capítulo anterior, que vai sustentar este trabalho, será aplicado.

Inicialmente é feito um breve enquadramento sobre a manutenção da Indústria Aeronáutica civil e militar e algumas das suas características. Posteriormente é feito o enquadramento histórico sobre a Esquadra de Voo que opera a aeronave Airbus D&S (ADS) C-295M, dado a conhecer a aeronave e a estrutura organizacional da manutenção da mesma. Sendo de seguida exposta a razão pela qual surgiu a motivo do desenvolvimento, estudo e a decisão da implementação do *Lean Management* nas inspeções programadas da aeronave ADS C-295M.

### 4.1. Planeamento de Manutenção Aeronáutica

No decorrer dos tempos a manutenção tomou um lugar de elevada importância dentro das organizações, conseqüente o seu impacto financeiro nas organizações também aumentou, sendo que no caso de uma organização de transportes aéreos, a despesa de manutenção anda por volta dos 13% do custo operacional (Berrittella *et al.*, 2009), sendo da responsabilidade da mesma encontrar medidas que levem à redução dessa despesa, sem deixar que isso comprometa os altos níveis de segurança e fiabilidade. As medidas encontradas farão parte de uma melhoria contínua não só da manutenção, mas também da organização, influenciando positivamente a eficácia da manutenção e, em muitos casos, a sua eficiência global, melhorando assim os serviços prestados a um custo reduzido (MESA, 1995).

O programa de manutenção define quais as tarefas de manutenção e seus potenciais, de maneira a prevenir falhas ou a corrigi-las, contribuindo assim para que as aeronaves cumpram os requisitos de aeronavegabilidade.

A aplicação da filosofia de manutenção na aviação é da responsabilidade das organizações conhecidas como MRO, estas organizações são as responsáveis por manter ou restaurar os equipamentos aeronáuticos, de modo a que estes mantenham na sua plenitude de funções, sempre com o foco no objetivo de garantir que a aeronavegabilidade não seja posta em causa (Vieira e Loures, 2016).

As MRO da aviação para além de terem a função de restabelecer os níveis de segurança e fiabilidade dos equipamentos e sistemas das aeronaves, recorrendo aos programas e ações de

manutenção, rentabilizar os recursos humanos e materiais da manutenção (Kinnison, 2012), procuram também reduzir os custos da manutenção e os tempos de imobilização das aeronaves, fazendo assim com que se aumente a receita, visto que os custos da manutenção tem um impacto bastante elevado nos custo totais de operação de uma aeronave (Cohen e Wille, 2006).

#### 4.1.1. Planeamento, Programação e Controlo de Manutenção

Uma organização de manutenção por muito capaz e autónoma que seja, não funciona sem um elemento, o Planeamento e Controlo de Manutenção. O Planeamento e Controlo é responsável por planear, organizar, programar, gerir e ajustar toda a atividade de manutenção. Esta sigla refere-se a três funções da manutenção: Planeamento, Programação e Controlo. Definindo-se estas três funções da seguinte forma (Kinnison, 2012):

- **Planeamento:** Tal como o nome indica, o planeamento pretende planear o volume de trabalho da manutenção, em termos de tempos de execução de manutenção (potenciais), mão de obra, componentes e equipamentos. Embora seja idealizado, este sofrerá constantes atualizações face aos desvios do planeamento inicial na fase de execução, algo que acontece com alguma frequência. Sem a ajuda desta função a manutenção seria impulsiva, imprevisível e reativa. O planeamento de manutenção não seria possível sem a componente de engenharia, que tem a função de desenvolver os planos de manutenção, cartas de trabalho e definir os potenciais de inspeção, ou seja, o planeamento tem como função ajustar todas as atividades/tarefas de manutenção no sítio definidas pela engenharia. Na FAP, a programação de manutenção está sobre a alçada da DMSA;
- **Programação:** Esta função pretende prever o volume de trabalho da manutenção e assegurar a atualização desse mesmo volume, em caso de mudanças/alterações (procedimentos, recursos, mão de obra, qualificações e de planeamento), para que sejam ajustados os processos e procedimentos de acordo com os requisitos estabelecidos;
- **Controlo:** O Controlo na manutenção tem o objetivo de controlar toda a atividade de manutenção na sua fase de execução, permitindo que existam ajustes do planeamento de manutenção caso ocorram desvios ao mesmo. Estes desvios são em grande parte causados pelos tempos de execução das ações de manutenção, visto que estes são baseados em estimativas teóricas. Na verdade, os tempos de execução das ações de manutenção podem ser afetados por vários fatores, pela extensão dos danos na aeronave, avarias camufladas que só são notadas durante as inspeções programadas, extravios de material de apoio à manutenção inesperados (equipamentos e ferramentas), falta de mão de obra, tarefas que

não eram previstas, déficit de componentes em stock, ou até mesmo problemas com as instalações de manutenção. Resumindo, o Controlo de manutenção permite que exista uma certa volatilidade do planeamento de manutenção, de maneira a que este seja atualizado e revisto para que no futuro todas as situações anteriores sejam tidas em conta.

#### **4.1.2. Maintenance Review Board Document**

O MRBD é um documento resultante da MRB (*Maintenance Review Board*). A MRB tem como objetivo apoiar o fabricante e o operador na definição de um esboço do programa de manutenção que contenha os requisitos mínimos (frequência e descrição) para as tarefas de manutenção planeada como parte da exigência do processo de obter o certificado-tipo para determinada aeronave. A MRB é composta por grupos trabalho altamente especializados compostos pelos operadores da aeronave, fabricantes da célula e motores, e pelas Autoridades Reguladoras, que utilizam a lógica MSG-3 para desenvolver e propor as tarefas de manutenção para cada modelo específico de aeronave (EASA, 2010).

Outra entidade que entra no desenvolvimento da MRBD é a ISC (*Industry Steering Committee*). Este define a política de manutenção (normas e procedimentos) pelos quais os grupos de trabalho têm de se reger para desenvolver o seu estudo na definição das tarefas de manutenção (âmbito e frequência). Esse estudo será depois entregue à ISC, onde esta elaborará um relatório preliminar que é revisto e aprovado pela MRB. O MRBD é então depois publicado após aceitação e aprovação das autoridades aeronáuticas (SOFEMA, 2015).

De modo a que o MRBD se mantenha constantemente atualizado, de tempos em tempos, os grupos que desenvolveram o documento, reúnem-se, e partilham e analisam os dados de operação das principais operadoras das aeronaves, de modo a serem efetuadas às alterações necessárias para este se manter atualizado e posteriormente ser partilhado com os restantes operadores (EASA, 2010).

Resumindo, o MRBD é o documento que serve de suporte aos operadores das aeronaves no desenvolvimento de um programa de manutenção eficiente e específico para cada tipo de aeronave, de acordo com as suas especificações.

#### **4.1.3. Maintenance Planning Document**

O MPD é um documento elaborado e revisto pelos fabricantes das aeronaves, que indica quais as frequências de execução e descrições das tarefas de manutenção planeadas para os componentes, Sistemas, APU, Motores e Estruturas das aeronaves, como também horas/homem para cada tarefa.

O MPD é o documento no qual cada operador se baseia para que possa desenvolver o seu próprio PMA e submeter a aprovação do mesmo à Autoridade Aeronáutica. O MPD compila e resume todas as tarefas de manutenção provenientes do MRBD e de outros vários documentos técnicos necessários para o desenvolvimento de um PMA (SOFEMA, 2015):

- MRBR (*Maintenance Review Board Report*);
- ALI (*Airworthiness Limitation Items*);
- ASM (*Ageing Systems Maintenance*);
- CMR (*Certification Maintenance Requirements*);
- ETOPS CMP (*Extended Twin Range of Operations – Configuration, Maintenance and Procedures*);
- FAL (*Fuel Airworthiness Limitations*);
- ADs (*Airworthiness Directives*);
- SBs (*Service Bulletins*);
- SILs (*Service Information Letters*);
- AOTs (*All Operatores Trasmissons*);
- AOLs (*All Operators Letters*).

#### **4.1.4. Regulamentação da Manutenção Aeronáutica**

A manutenção aeronáutica é altamente regulamentada por diversas autoridades aeronáuticas que garantem a aeronavegabilidade, estas organizações regulamentam os padrões na aviação, na Europa em geral é a EASA, nos Estados Unidos da América a FAA, e em Portugal a ANAC. No entanto estas organizações seguem um padrão, através de documentos, SARPs e PANS, produzidos pela organização ICAO, que tem como objetivo padronizar, internacionalmente, as normas e regulamentos de segurança e eficiência na aviação civil. Com base nestes SARPs e ANS, as autoridades aeronáuticas que garantem a aeronavegabilidade promulgam normas de aeronavegabilidade com os requisitos necessários a atingir (ICAO, 2017).

Em Portugal cabe à ANAC assegurar que toda a indústria aeronáutica civil portuguesa se encontra conforme os regulamentos promulgados pela EASA (ANAC, 2017).

Os requisitos técnicos e procedimentos administrativos comuns destinados a assegurar a manutenção da aeronavegabilidade na Europa são definidos pelo regulamento (UE) n.º 1321/2014 de 26 de novembro de 2014, e são os seguintes (EASA, 2019):

- EASA Parte 66 – Requisitos para a certificação de mecânicos aeronáuticos;

- EASA Parte 145 – Certificação de organizações de manutenção aeronáutica;
- EASA Parte 147 – Requisitos para organizações de formação e certificação de mecânicos aeronáuticos (ao nível do EASA Parte 66);
- EASA Parte M – Requisitos para a Continuidade da Aeronavegabilidade;
  - Subparte F – Requisitos para certificação de Organização de Manutenção;
  - Subparte G – Requisitos para certificação de Organizações de Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade.

#### 4.1.5. Manutenção Aeronáutica Militar em Portugal

Na indústria aeronáutica militar em Portugal, mais concretamente na FAP, a manutenção das aeronaves é determinada pelos programas de manutenção definidos pelos respetivos fabricantes, estando esta estruturada em três níveis, estes níveis são definidos tendo em conta a complexidade de intervenção de manutenção (Vicêncio, 2017), definido no REMAFA de 1981:

- **Primeiro Escalão:** A vulgarmente chamada de manutenção de linha na aviação civil, e manutenção de linha da frente na aviação militar. Este nível de manutenção consiste em pequenas inspeções diárias, antes de voo, entre voos e pós voo, reparações de baixo grau de complexidade, substituição de órgãos ou LRUs, reabastecimentos, lavagens, lubrificações, verificações de níveis e limites e são normalmente executadas no local de estacionamento das aeronaves;
- **Segundo Escalão:** Sendo este nível de manutenção intermédio mais complexo que o anterior, já requer instalações fixas e um maior número de outros tipos de meios, humanos e materiais (GSE e ferramentas específicas), para a sua execução, tendo em conta que as tarefas de manutenção neste nível serão de maior duração e conseqüentemente maior tempo de imobilização das aeronaves. É neste nível de inspeção que se executam as IPP, cumprem ordens técnicas e de engenharia, tarefas *Out of fase*, reparação de anomalias, substituição de equipamentos e motores, ensaios não destrutivos, aplicam tratamentos anticorrosivos, calibrações e testes operacionais;
- **Terceiro Escalão:** Ou manutenção pesada, é o nível de manutenção mais complexo dos três, requerendo meios técnicos mais complexos, mão-de-obra altamente qualificada e extensos períodos de imobilização das aeronaves. Normalmente este tipo de manutenção é executada pelos fabricantes das aeronaves ou centros MRO certificados para o efeito, pois o seu nível de intervenção tem grande implicação nas estruturas das aeronaves e também por exceder a capacidade de manutenção da organização de onde as aeronaves provêm,

correspondendo a revisões gerais, modificações, grandes reparações, fabrico de peças e ainda a recuperação de componentes e sistemas.

Os níveis de manutenção acima descritos, pertencem a uma tipologia de manutenção programada ou preventiva, no entanto, existe outra tipologia de manutenção que devido à sua natureza não se encontra escalonada e que é enquadrada numa tipologia de manutenção não programada. Esta tipologia de manutenção é aquela que desencadeia ações de reação perante a ocorrências de falhas ou avarias.

Todavia, este escalonamento de manutenção não se verifica em todas as manutenções das aeronaves da FAP, pois nas aeronaves mais recentes o conceito de manutenção já se aproxima mais do conceito de manutenção aeronáutica civil, através da repartição da manutenção, com a constituição de pacotes de manutenção mais pequenos e com o intuito de diminuir os tempos de imobilização das aeronaves (Vicêncio, 2017).

## **4.2. Resenha Histórica – Esquadra 502**

As origens da Esquadra 502 remontam ao ano de 1937, altura em que foi equipada com os aviões JUNKER JU 52 que realizavam um vasto leque de missões desde transporte aéreo-geral a bombardeamento noturno. Com o surgimento da Força Aérea Portuguesa como ramo independente das Forças Armadas surgiu a Esquadra 32, tendo no ano de 1971 recebido os primeiros Nord "Noratlas", continuando os Junkers a voar até 1972. Com o desenrolar do conflito nos territórios ultramarinos, a Esquadra 32 desempenhou um importante papel no apoio à missão da Força Aérea (FAP, 2018).

Em 1974, com a chegada dos CASA C-212 Aviocar em com vista a substituição dos Noratlas, a Esquadra 32 sediada na Base Aérea n.º 3 (Tancos) passa então a ter a designação de Esquadra 502. Com o fim dos conflitos ultramarinos, a Esquadra 502, conhecida como "Elefantes", passou a operar um destacamento aéreo permanente na ilha de Porto Santo em missões de apoio à população local. Em 1988 inicia outro destacamento aéreo, desta vez fora de território Português, o destacamento aéreo de São Tomé e Príncipe que operou durante 20 anos, tendo efetuado um total de 5500 horas de voo e transportado um total de 50 mil passageiros (FAP, 2018).

Com a reestruturação da Força Aérea, a Esquadra 502 transita para a Base Aérea n.º 1 (Sintra). Em 2007, a Esquadra 711, na Base Aérea n.º 4 (ilha Terceira, Lajes) cessa a atividade com o Aviocar,

tendo sido desde então até aos dias de hoje a Esquadra 502 a assegurar também o destacamento aéreo dos Açores (FAP, 2018).

No início de 2007, uma nova página abre-se na história da Esquadra 502, aquando da assinatura de um contrato de aquisição de doze aeronaves ADS C-295M, para a substituição do CASA C-212 Aviocar. Sete destas aeronaves têm uma configuração para Transporte Aéreo Tático e as restantes cinco para Vigilância Marítima. Em 2009 dá-se a transferência da esquadra para a Base Aérea n.º 6 (Montijo), onde em fevereiro desse mesmo ano aterra o primeiro C-295M (FAP, 2018).

A Esquadra 502 nos dias de hoje realiza missões de Transporte Aéreo-geral, Transporte Aéreo-tático, Apoio Logístico, Vigilância Marítima, Busca e Salvamento, Evacuações Aeromédicas, lançamentos de Tropas Aerotransportadas, lançamento de carga aérea e Transporte de Altas Entidades. Tendo entre todas estas missões estado já presente em vários países por esse mundo fora, em variadíssimos tipos de missões (FAP, 2018).

### **4.3. Sistema de Armas Airbus D&S C-295M**

O ADS C-295M é uma aeronave de construção maioritariamente em compósitos e metálica, com a geometria de asa alta, dotado com um grupo propulsor bimotor constituído por dois turbo-prop *Pratt & Whitney Canada PW-127G*, com 2645 HP cada. Cockpit e cabine de carga pressurizados e trem de aterragem retráctil. Com um raio de alcance máximo de 5400 Km, o seu teto máximo são os 25000 pés de altitude, velocidade de cruzeiro de 480 Km/h e uma autonomia máxima de 10 horas de voo. Sendo esta uma aeronave de curta distância de descolagem e aterragem, possui um peso máximo à descolagem de 23200 Kg, capaz de transportar até 68 soldados de infantaria totalmente equipados, ou 70 passageiros ou 24 macas.

O C-295M foi desenvolvido e construído com duas finalidades, a de transporte militar de curto e médio alcance (TAT) e a de vigilância marítima (VIMAR). Estando a cabine de carga equipada com uma rampa hidráulica em todas as versões do C-295M e o sistema de Vigilância Marítima instalado em algumas das versões do C-295M, proporciona uma grande panóplia de missões, tais como o transporte de tropas e carga, evacuações aero-médicas, transporte de órgãos, vigilância marítima e terrestre, lançamento de pára-quedistas, lançamento de carga aérea, fotografia aérea, poluição marítima, fiscalização de pescas, busca e salvamento, instrução de navegadores e transporte de altas entidades (FAP, 2018).

O C-295M está certificado para operar em todo tipo de condições meteorológicas, em condições de regras de voo visual (VFR) e em regras de voo por instrumentos (IFR).

A frota de ADS C-295M da FAP é composta por 12 aeronaves estando estas divididas em 3 tipos de configuração base distintas, estando o efetivo de aeronaves distribuídas por configurações da seguinte forma:

- PG01 (TAT): 7 aeronaves;
- PG02 (VIMAR com poluição marítima): 3 aeronaves;
- PG03 (VIMAR com fotografia aérea): 2 aeronaves.

As aeronaves com a configuração PG02 e PG03 são muito idênticas, diferenciando-as apenas alguns componentes e sistemas internos e externos. que permitem às aeronaves PG03 efetuar missões de fotografia aérea.

Nas figuras em baixo podem-se verificar as diferenças exteriores entre as aeronaves PG01 e PG02/03 assinaladas a vermelho.



Figura 4.1 – Airbus D&S C-295M PG 02/03



Figura 4.2 – Pormenor do nariz Airbus D&S C-295M PG 02/03



Figura 4.3 – Pormenor da cauda Airbus D&S C-295M PG 02/03



Figura 4.4 – Nariz Airbus D&S C-295M PG01



Figura 4.5 – Cauda Airbus D&S C-295M PG01

## 4.4. Manutenção Airbus D&S C-295M

### 4.4.1. Organização da manutenção do C-295M

A manutenção da Esquadra 502, é constituída atualmente por 75 militares (em maio de 2018), estando esta manutenção dividida em 2 secções, a secção de Planeamento e Controlo e a secção de Aprontamento.

Secção de Planeamento e Controlo – esta área é a responsável pelo planeamento e programação das ações de manutenção programadas a efetuar nas aeronaves, nomeadamente inspeções de 2º escalão, controlo de configurações das aeronaves e de gerir e controlar toda a documentação que esteja relacionada com as aeronaves e seus componentes. Desta área fazem também parte os sectores de controlo de material e ferramentaria.

Secção de Aprontamento – esta área é a responsável pela execução das manutenções programadas e não programadas, configurações e aprontamento diário das aeronaves. Esta área é composta por 3 sectores distintos, área de Eletromecânica, área de Eletroaviónica e área de Linha da Frente. É também nesta área onde se encontra colocado o maior número de militares desta manutenção.

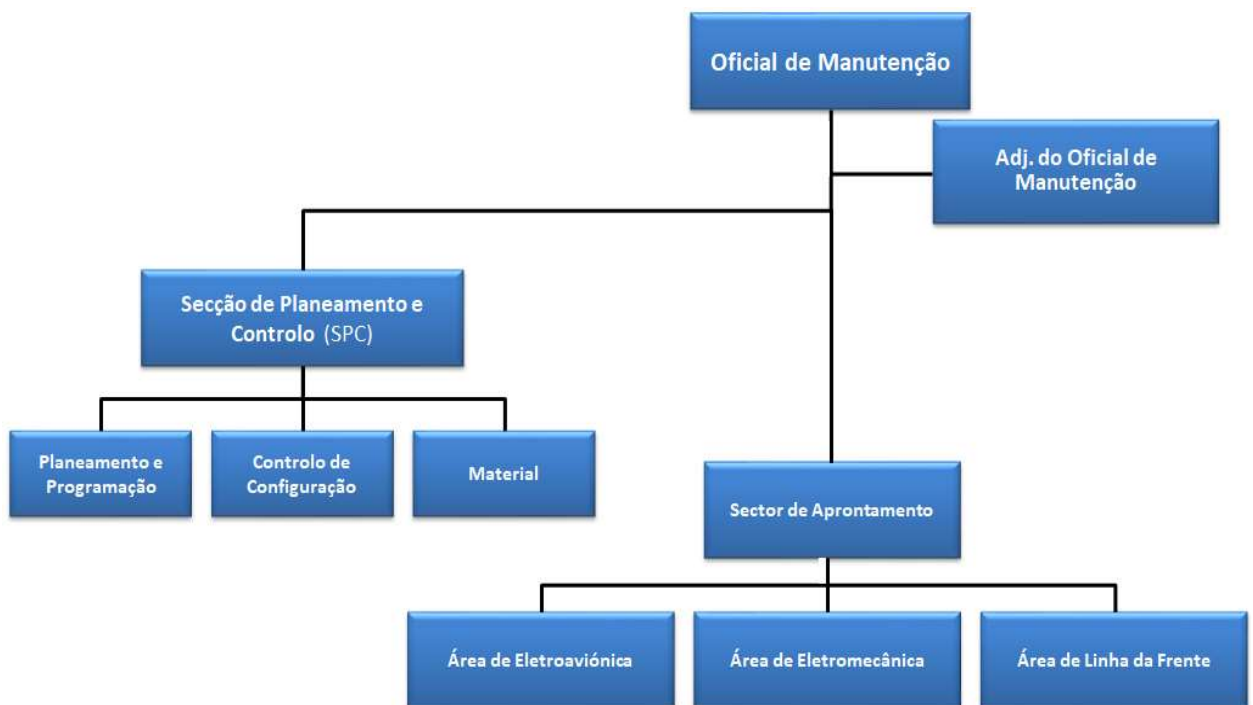


Figura 4.6 – Organograma da organização da manutenção

#### 4.4.2. Inspeções programadas C-295M

Sendo o C-295M uma aeronave militar as manutenções programadas do C-295M são classificadas de forma diferente da aviação civil em 3 grupos de inspeções, mas que na prática significam o mesmo, 1º Escalão (Manutenção de Linha) e 2º e 3º Escalão (Manutenção de Base).

As manutenções de 1º Escalão, são as ditas Manutenções de Linha, ou seja, são as inspeções diárias. Estas inspeções são as inspeções que são feitas todos os dias às aeronaves, antes, depois e entre voos.

As manutenções de 2º Escalão, são as ditas Manutenções de Base, são manutenções efetuadas em hangar, programadas de maneira a afetar a não afetar taxa de prontidão operacional das aeronaves estipulada no início de cada ano. Estas manutenções obrigam a uma paragem das aeronaves de entre 2 a 5 semanas.

As manutenções de 3º Escalão, também conhecidas como as “grandes inspeções”, no caso do C-295M são executadas fora da Força Aérea Portuguesa, mais propriamente no fabricante das aeronaves, ADS, em Sevilha, onde as aeronaves ficam fora de operação entre 3 a 9 meses. Este tipo de manutenção é planeada de modo a que se encontrem sempre 3 das 12 aeronaves em simultâneo em inspeção na ADS, devido ao contrato de manutenção FISS (*Full In Service Support*) que a Força Aérea Portuguesa tem estabelecido com a ADS. Este planeamento de inspeções abrangido pelo FISS é elaborado de maneira a não afetar a taxa de prontidão operacional das aeronaves.

INSPECTION	INTERVAL	BRIEF DESCRIPTION OF MAIN AREAS IN; OP; FC; LU; RS and/or GVI
<b>Line Maintenance</b>	Daily; Pre-Flight; Transit; Post-Flight	Oil Levels; Tires and Brakes Conditions; Control Surfaces Conditions; MLG and NLG Compartments; Lights; Survival Equipment; General Visual Inspection (GVI).
<b>Periodic “A” Check</b>	300 FH or 8M (Dur.: 1 mês)	Trims; De-Icer Boots and Rudder Heater; Lights; Ramp and Ventral door; Corrosion and Surface Finish; IEDS; Prop’s; EEC; Electronic Warfare; LOX Compart.
	600 FH (Dur.: 1 mês)	Cabin fixations; Hyd Fluid indication; Ice Protection Heaters; Hyd Accumulators; Crew; Parachutist and Emergency Door; Opening Windows; Prop Assy; Fuel Sys.; Eng. Cases.
	900 FH (Dur.: 1 mês)	Recirculation and Cooling Fan; Control Surface Cables; MLG/NLG Shock Absorbers; EPC; Ovsp Gov.; Aux DC Pump; Prop Brake Microsw; Cabin above floor and Pedestal area.
	6M (Dur.: 3 dias)	MLG and NLG In and Lub. Zonal: MLG and NLG Compartments and Doors GVI.
	12M (Dur.: 1 dia)	Survival Equipment (Life Vests; O2 Masks; Converter and Regulator). Battery Compart.
<b>Periodic “Y” Check</b>	FAP2Y (Dur.: 1 mês)	Avionics Antennas; Statics; CVR; Control Surfaces Fittings and Surface, Rods and Rollers; Center and Rear Fuselage; Isolators; Main Compartment; End Cone; Powerplant; Wings.

Tabela 4.1 - Inspeções Programadas executadas pela FAP

INSPECTION	INTERVAL	BRIEF DESCRIPTION OF MAIN AREAS IN; OP; FC; LU; RS and/or GVI
<b>Periodic “C” Check</b>	2400FH or 4Y (and multiples)	A/C Bleed Air, Press Control and Temp Control; Coms HF and PA; Cockpit Seats; ISR Config. Items; Ramp Cargo Container; Axe and Escape Strap; Eng. Fire Extinguish Sys; Rudder Mech. and Pneum. Control; Flap limiter and ECU; Gust Lock; Fuel System; Hyd Power Manual Control; Ice and Rain Protection; FDR; MFDS; MLG Electrical Harness and Brake Lines; LG Retraction Inhibition; LG Emergency; Brake and Steering Cables Tension; Water, Waste and Toilet; Doors Latches; OVSP Governor; EPC; Prop. Brake; Powerplant Cowlings, Fireseals, Air Intake and Drains; Eng. Power Control; Eng. Exhaust; Search Radar Antenna; Structure (except if in 2Y): Doors, Fuselage, Stabilizers, Wing, Engine Center Cowlings and Mounts; Zonal: Fuselage, Empennage, Wing, Doors Internal.
<b>Periodic “Y” Check</b>	2Y (and multiples)	Static Dischargers Resistance; Flight Control Rods and Rollers; Pitot Static System; IRS/GPS Battery; Structure: LG, Fuselage around Doors; Zonal: Bay under Center Wing Fwd and Rwd Fairings.

Tabela 4.2 - Inspeções Programadas executadas pela Airbus D&S

#### 4.5. “O problema”

A frota ADS C-295M da Força Aérea Portuguesa é uma frota relativamente nova, tendo em conta que a aeronave mais antiga tem apenas 10 anos, mas mesmo assim sendo e tratando-se de aeronaves militares, devido à sua solicitação operacional estão sujeitas a uma maior fadiga e esforços estruturais que uma aeronave civil, então logo desde a sua produção que estão sujeitas, dentro dos intervalos definidos pelo fabricante e pela FAP, a grandes inspeções bastantes criteriosas e algo complexas que podem levar a um determinado tempo de imobilização das aeronaves em hangar, o que pode causar alguns impactos negativos na prontidão e operacionalidade das mesmas.

A aquisição das aeronaves C-295M deveu-se à necessidade da substituição e modernização dos sistemas de armas da FAP. Após alguns anos de análises e estudos tendo em conta as necessidades da FAP, foi selecionado o C-295M entre outras aeronaves devido à sua grande capacidade operacional, versatilidade e tecnologia de ponta que esta aeronave possui.

Um dos pontos de maior interesse que levou à seleção desta aeronave foi a necessidade de manutenção da mesma, como esta aeronave era uma aeronave bastante evoluída para a altura, com a sua conceção a recorrer a componentes e sistemas de ponta tecnologicamente avançados e grande parte da sua estrutura contemplar materiais compósitos, existia o conceito de que a mesma necessitaria de uma manutenção minimalista. No que tocava à execução de manutenção por parte da FAP apenas seria necessário executar Manutenção de Linha, e no que tocava à Manutenção de Base apenas seria executada na MRO da ADS em Sevilha.

Esta percepção de manutenção minimalista terá resultado da conjugação de uma forte estratégia de vendas por parte da ADS, com alguma falta de experiência dos novos conceitos de manutenção de aeronaves por parte da FAP.

Da parte de ADS existiu a preocupação de vender uma aeronave associada a um conceito de elevada disponibilidade operacional, com um programa de manutenção construído à imagem do conceito existente na aviação civil, com a redução dos blocos de inspeção de fase (*A-Checks*), no sentido de reduzir o tempo de imobilização da aeronave, e a realização de tarefas intermédias durante o ciclo de operação (*Tasks out-of-phase*). Da parte da FAP, terá existido uma interpretação errada relativamente à tipologia de manutenção necessária, com eventual associação das *A-Checks* a tarefas realizadas por EMAR 66 *Category A* (Manutenção de linha).

Este conceito de manutenção desenhado para o sistema de armas C-295M não se encaixou de forma linear na estrutura organizacional existente na FAP. Com o decorrer da operação veio-se a verificar que o conceito de manutenção desenhado para o sistema de armas C-295M não se adequava às necessidades/capacidades de operação da mesma, dado que assentava muito na necessidade de existirem dois turnos de trabalho, um durante o período normal de serviço, responsável por todas as tarefas de linha (inspeções/configurações), a resolução de anomalias, bem como a operação (tendo em conta que todos os mecânicos acumulavam com a função de Operadores de Cabine), e um segundo turno (a operar durante a noite) que seria necessário para a realização das inúmeras *Tasks out-of-phase* previstas no programa de manutenção.

Em paralelo e fruto de ser uma aeronave no seu início de ciclo de vida operacional foram surgindo várias ordens técnicas de cumprimento obrigatório, algumas das quais com *time of compliance* reduzido, que implicaram elevado consumo de mão de obra e imobilização das aeronaves. O módulo de recursos humanos disponível para a manutenção e sustentação deste sistema de armas não permitia a implementação destes turnos, tendo que as *Tasks out-of-phase* serem realizadas durante o período normal de serviço, coincidente com o período de exploração operacional da aeronave, reduzindo assim a capacidade de operação da frota.

De maneira a colmatar esta necessidade de manutenção a ser realizada durante o período normal de serviço, foi analisado o programa de manutenção e as *Tasks out-of-phase* com potencial igual às inspeções de fase (*A-Checks*), começaram a ser cumpridas em simultâneo com estas inspeções, em particular as que implicavam a abertura de acessos nas aeronaves ou o recurso a testes específicos que obrigavam a sua realização na *Main Operations Base* (MOB).

Numa fase posterior e juntamente com a ADS, foi revisto o programa de manutenção, com base no histórico dos resultados obtidos nas inspeções, e ajustados os *times of compliance* das tarefas de manutenção inicialmente definidos para cada tipo de *A-Check*, resultando isso numa reestruturação e melhoria do programa de manutenção (Figuras 22 e 23).

Esta ação de melhoria, apesar de causar um incremento no tempo de imobilização da aeronave, devido ao aumento do volume de trabalho, possibilitou que as aeronaves saíssem de inspeção com uma disponibilidade operacional superior, restando apenas o cumprimento das *Tasks out-of-phase* capazes de serem cumpridas entre voos, que não causam grande impacto na capacidade operacional da frota.

Focados na necessidade de reduzir o tempo de imobilização das aeronaves e em aumentar a qualidade do trabalho desenvolvido, foi posteriormente iniciado um processo de melhoria contínua, com recurso às técnicas *Lean*, quer na manutenção em geral, bem como especificamente nas inspeções de fase, que vieram a reduzir substancialmente os tempos de execução destas ações, melhorando a disponibilidade da frota e conseqüentemente a sua capacidade e disponibilidade operacional.

#### **4.6. Aplicação do Modelo de Suporte à Execução de Inspeções Programadas (MS – EIP)**

No final de cada ano civil a Força Aérea Portuguesa elabora um estudo sobre a disponibilidade operacional que cada sistema de armas teve durante esse ano, sendo esse cálculo baseado na taxa de prontidão das aeronaves de cada sistema de armas. Posto isso é também atribuído uma taxa de esforço a cada sistema de armas para o ano seguinte, essa taxa é atribuída através de um estudo que engloba várias variáveis, variáveis estas que poderão ser os recursos materiais, contratos de manutenção com fabricantes das aeronaves ou outras entidades externas e etc.

A chegar o final do ano 2016, chegou-se à conclusão que a Esquadra 502, das 3600 HV que a sua taxa de esforço compreendia no início do ano, mesmo com a solicitação operacional exponencial que estava a ser sujeita, não as iria conseguir cumprir, ficando então 200 HV por cumprir, o que traria penalizações para a FAP relativamente ao contrato de manutenção que esta possui com o fabricante das aeronaves. Sendo este facto recorrente também nos anos anteriores, houve a necessidade de se averiguar qual seria a razão deste problema, tendo em conta que a solicitação operacional deste sistema de armas aumentava de dia para dia, tal não se deveria verificar.

Após análise de alguns indicadores, operacionais e de manutenção, chegou-se à conclusão que o problema estava na taxa de prontidão das aeronaves, a taxa estava aquém do esperado, sendo esta demasiado baixa, andando na ordem das 5 aeronaves/dia, quando o ideal seria existir uma disponibilidade 7 aeronaves/dia, das 12 existentes. Traduzindo-se isto em disponibilidade por percentagens, a disponibilidade da frota andava na ordem dos 42% quando o expectável era estar por volta dos 60%. Chegou-se então à conclusão que essa taxa era tão baixa devido à manutenção das aeronaves, as aeronaves passavam demasiado tempo imobilizadas em manutenções programadas. Posto isso, no início do ano 2017, a manutenção da Esquadra 502, por iniciativa própria e com os seus escassos meios, decidiu fazer um evento *Lean*. Evento *Lean* esse que abordou essencialmente as inspeções programadas em hangar que levou a uma reorganização dos planeamentos das tarefas das inspeções programadas, com o objetivo de se reduzir o tempo de imobilização das aeronaves para inspeções programadas.

Com o objetivo de ajudar a essa reestruturação e melhoria na manutenção da Esquadra 502, foi desenvolvido o modelo de aplicação das ferramentas *Lean* que será aplicado neste caso de estudo em seguida.

## **I. Analisar**

### 1. VSM

Como já era de esperar, com o início do ano de 2017, mais uma vez, foi atribuído um regime de esforço de 3600HV à Esquadra 502, e como tal, surgiu por parte da Esquadra 502 a preocupação de se conseguir cumprir o seu regime de esforço na totalidade, como tal a manutenção da Esquadra 502, deu então início ao evento *Lean* de reestruturação da ordem de execução das tarefas das inspeções programadas.

Com a primeira avaliação das inspeções programadas já executadas até ao momento foi notado que a ordem e execução das tarefas estava a ser executada de uma maneira bastante atabalhoada e sem uma ordem de execução propriamente definida, existiam apenas os pacotes de tarefas das inspeções definidos pelo fabricante que definem quais as tarefas a executar, duração das tarefas, ferramentas especiais a usar e documentação auxiliar, não existindo então planeamentos de execução das inspeções definidos. Como tal foi logo apontado como principal causa dos elevados tempos de imobilização das aeronaves a falta de organização na execução das tarefas das inspeções. Foi então que se optou por se proceder a uma avaliação e organização das tarefas que criasse valor, de modo a que os tempos de imobilização das aeronaves fossem inferiores aos que se tinham na altura.

Sendo assim foram reunidos dois elementos das duas áreas de manutenção que executam as inspeções, um EAV e um EM, e durante uma semana avaliaram e reestruturaram as tarefas das inspeções, de modo a definir-se a ordem de execução para cada tipo de inspeção, de maneira a reduzir e eliminar os desperdícios de tempo e ações que não criam valor na execução das inspeções, de modo a reduzir-se os tempos de imobilização das aeronaves nas inspeções programadas.

Esta avaliação e reestruturação passa por analisar as tarefas das duas áreas de inspeção, EM e EAV, e encadear, reordenar, alterar em que fase da inspeção são executadas as tarefas das duas áreas de modo a que não existam interferências na execução nem paragens dos trabalhos de uma ou outra área, em virtude de uma delas se encontrar a executar uma dada tarefa que não permita à outra área executar o seu trabalho.

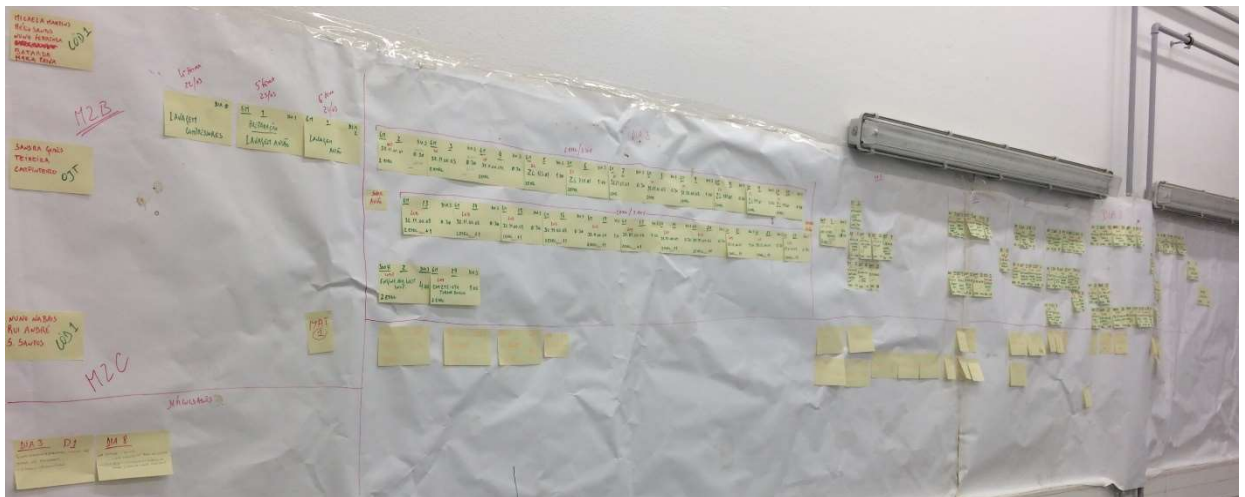


Figura 4.7 – VSM elaborado na manutenção do C-295M

A primeira abordagem a ser efetuada é analisar os tempos de execução das tarefas das inspeções propostos pelo fabricante e adaptar esses tempos à realidade da manutenção do C-295M. Para isso é feita uma análise, com base na experiência adquirida ao longo dos anos com a operação e manutenção do C-295M, tarefa a tarefa de modo a obter-se uma duração ideal teórica da execução das inspeções.

Inspeção	AMM	Pós-Modelo	Diferença	Redução em %
6M	36:00	32:30	3:30	9,72
12M	10:15	6:30	3:45	36,59
300H	101:15	84:30	16:45	16,54
600H	79:55	55:10	24:45	30,97
900H	93:45	89:45	4:00	4,44

Tabela 4.3 - Tempos de execução teóricos das inspeções

Conseguindo-se com isso, na teoria, reduções significativas que iriam permitir diminuir o tempo de imobilização das aeronaves em inspeções programadas. Reduzindo-se em média 10:33 horas nos tempos de inspeção o que equivale em termos percentuais a uma redução média de 19,65% na imobilização das aeronaves em inspeção programada.

Posto isto, é então efetuada a reorganização da execução das tarefas de cada inspeção, e o respetivo mapeamento de valor de cada uma, de modo a obter-se uma ordem de execução padrão ideal para cada tipo de inspeção, a seguir na execução das mesmas, dando assim origem aos mapas/pacotes das inspeções 6M, 12M, 300H, 600H e 900H.

## II. Executar

### 1. Standard Work

Com a construção dos mapas/pacotes de inspeção com ordens de execução já definidas, estes são postos em prática de modo a avaliar-se a viabilidade dos mesmos tendo em conta a realidade da manutenção do C-295M, seguindo as ordens de execução previamente definidas, nas diversas inspeções dos diferentes tipos, de modo a se efetuar uma avaliação da execução standard destes planeamentos por diferentes elementos da manutenção, para que na próxima etapa, se efetuem ou não, as alterações necessárias de modo a existir uma melhoria contínua com vista a eliminação de desperdícios, na sua maioria de tempo e ações de manutenção desnecessárias, de maneira a que isso se traduza em menores tempos de imobilização das aeronaves em inspeções programadas.



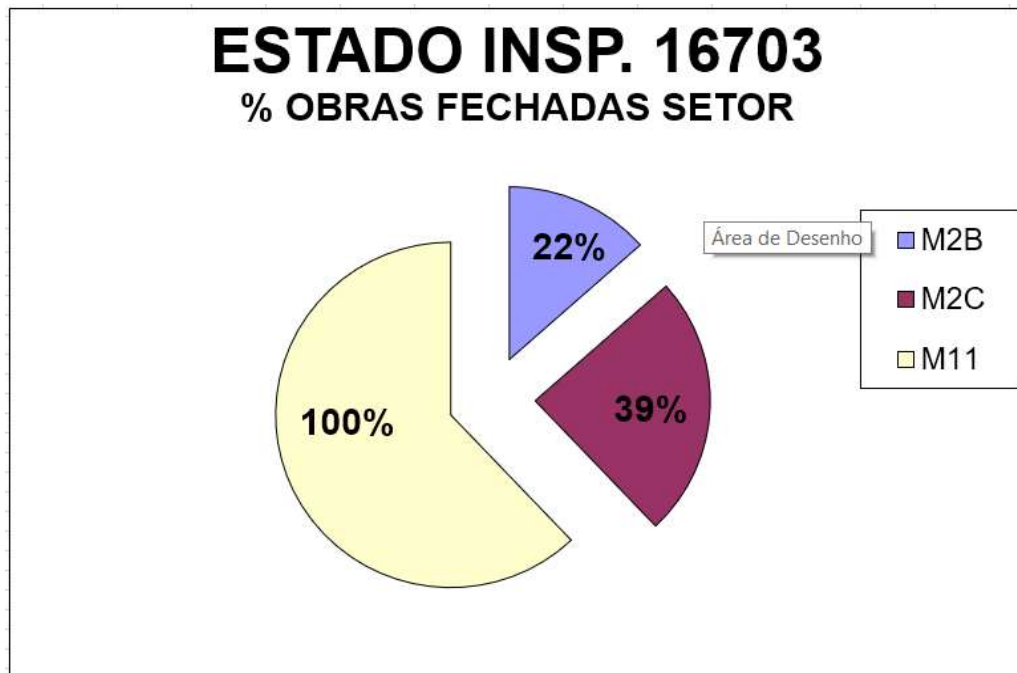


Figura 4.9 – Exemplo de um gráfico de gestão visual do estado de desenvolvimento de uma inspeção programada

### III. Reformular

#### 1. Kaizen

Este caso de estudo em específico assenta bastante na melhoria contínua, como tal, a seguir a cada inspeção programada existe sempre a necessidade de se efetuar uma análise da execução das inspeções e concluir o que correu menos bem e o que pode ser melhorado, como tal são reunidas as informações e sugestões dos executantes dos intervenientes das inspeções e são analisadas uma a uma, com o intuito de se avaliar a viabilidade das sugestões e informações fornecidas, se estas acrescentam ou não valor aos planeamentos de execução já construídos, de modo a serem efetuadas e introduzidas as respetivas alterações nas inspeções futuras.



Figura 4.10 – Grupo de trabalho da manutenção na fase de reformulação das inspeções.

Com a implementação deste modelo na manutenção do C-295M começou a existir um maior e melhor controlo sobre as inspeções programadas que até então não existia, devido à falta de organização na execução das mesmas.

Posto isto, após a primeira implementação deste modelo numa inspeção, em Março de 2017 num pacote de inspeções de 6M, 12M 300H e 600H, verificou-se que este método de manutenção, um decréscimo da duração total de execução do pacote de inspeções em relação a um outro pacote de inspeções igual, executado antes de se elaborar a reestruturação das inspeções, como se pode verificar na Tabela 4.4:

Inspeção	Duração Pré-Modelo	Duração Pós-Modelo	Diferença
6M	154:35	121:25	- 33:10
12M	11:30	32:15	+ 20:45
300H	261:15	350:45	+ 89:30
600H	261:20	148:40	- 112:40
Total	688:40	653:05	- 34:35

Tabela 4.4 - Comparação dos tempos de execução de um pacote de inspeções antes e após a reestruturação das inspeções

Pôde-se então verificar uma diferença de 35:35 horas em relação ao pacote da inspeção anterior a esta. Sendo esta a primeira inspeção em que foi posta em prática a nova reestruturação dos planeamentos de inspeção, era de esperar que a margem de diferença não fosse muito expressiva, tendo em conta que foi necessária uma adaptação a este novo modelo de manutenção.

Tendo em conta os resultados positivos obtidos com a aplicação deste modelo, todas as inspeções programadas a partir desse momento seguiram este modelo de manutenção, como tal, a cada inspeção executada seguiram-se as 3 etapas deste modelo, com objetivo de existir uma diminuição significativa dos tempos de imobilização das aeronaves em inspeção programada.

De ressaltar que embora a FAP tenha começado a receber as aeronaves a partir de fevereiro de 2009, estas médias dizem respeito apenas ao espaço temporal entre janeiro de 2014 e fevereiro de 2017, porque desde abril de 2009, que foi quando se efetuou a primeira inspeção de um C-295M pela FAP, até janeiro de 2014, os pacotes de inspeções que existiam eram diferentes, sendo que até então não existiam inspeções de 6M e 12M mas apenas a inspeção de 24M, e as inspeções de 300H, 600H e 900H tinham tarefas no seu conjunto que sofreram alterações, tendo sido trocadas várias tarefas entre elas. Estas alterações tiveram lugar, porque devido à experiência e *know-how* adquiridos com o decorrer da operação do C-295M foi notado que os pacotes de inspeção que existiam não adequavam à realidade da operação do C-295M na FAP, como tal foi proposto pela manutenção do C-295M, com o auxílio da DMSA, à Airbus D&S várias alterações às inspeções programadas, surgindo então dessas alterações as inspeções 6M e 12M e supressão da inspeção de 24M, e as novas inspeções 300H, 600H e 900H reformuladas, que se mantêm em vigor até ao presente.

Sendo assim, como podemos verificar nas tabelas 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, durante este espaço de tempo, de janeiro de 2014 a fevereiro de 2017 foram executadas as seguintes inspeções com os respectivos dados que contribuíram para os cálculos das médias de execução das inspeções:

<b>2014</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	8	1044:35	130:34
12M	2	63:05	31:32
300H	8	1952:05	244:00
600H	4	1044:00	261:00
900H	1	311:15	311:15
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>4415:00</b>	

Tabela 4.5 - Resumo de inspeções, horas totais e médias do ano 2014

<b>2015</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	12	2383:40	198:38
12M	11	797:30	72:30
300H	9	1995:15	221:41
600H	5	1816:00	363:12
900H	3	898:45	299:35
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>7891:10</b>	

Tabela 4.6 - Resumo de inspeções, horas totais e médias do ano 2015

<b>2016</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	11	1661:00	151:00
12M	13	717:45	55:12
300H	7	3157:55	451:07
600H	2	346:35	173:17
900H	3	462:20	154:06
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>6345:35</b>	

Tabela 4.7- Resumo de inspeções, horas totais e médias do ano 2016

2017 (Janeiro e Fevereiro de 2017)			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	1	154:35	154:35
12M	3	63:00	21:00
300H	1	261:20	261:20
600H	1	261:15	261:15
900H	0	0:00	0:00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>740:10</b>	

Tabela 4.8 - Resumo de inspeções, horas totais e médias de Janeiro e Fevereiro de 2017

Após recolha, análise e tratamento dos dados e cálculo das médias dos tempos de execução dos diferentes tipos de inspeções tendo-se obtiveram os valores representados no Gráfico 4.1.

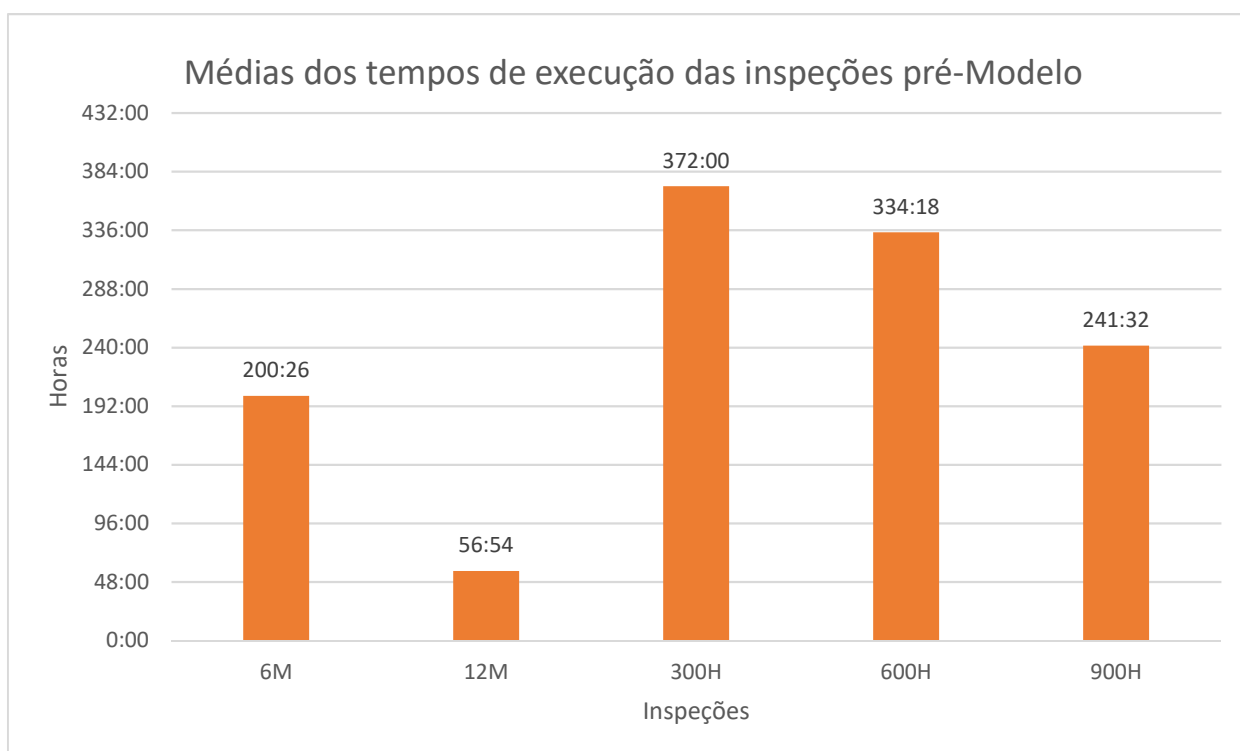


Gráfico 4.1 – Médias dos tempos de execução das inspeções programadas após implementação do modelo de manutenção

Após esta fase, com a implementação do modelo de manutenção neste caso de estudo, a partir de março de 2017, foram desde logo notadas melhorias bastantes significativas nos tempos de duração das inspeções, o que se traduziu numa redução dos tempos de imobilização das aeronaves em inspeção programada.

Estes resultados podem ser vistos nas seguintes tabelas 4.9, 4.10 e 4.11:

<b>2017 (A partir de Março de 2017)</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	9	1001:15	111:15
12M	9	190:50	21:12
300H	8	1949:40	243:42
600H	4	733:15	183:18
900H	2	503:50	251:55
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>4378:50</b>	

Tabela 4.9 - Resumo de inspeções, horas totais e médias desde a partir de Março de 2017

<b>2018</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	6	749:15	124:52
12M	13	263:45	20:17
300H	7	1502:45	214:40
600H	5	821:15	164:15
900H	0	0:00	0:00
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>3337:00</b>	

Tabela 4.10 - Resumo de inspeções, horas totais e médias do ano 2019

<b>2019 (Até Julho de 2019)</b>			
Tipo de Inspeção	Número de inspeções	Horas totais	Médias horas
6M	5	490:45	98:09
12M	7	137:25	19:37
300H	5	865:50	173:10
600H	4	568:20	142:05
900H	4	703:40	175:55
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>2766:00</b>	

Tabela 4.11 - Resumo de inspeções, horas totais e médias de Janeiro a Julho de 2019

Após recolha, análise e tratamento dos dados e cálculo das médias dos tempos de execução dos diferentes tipos de inspeções tendo-se obtiveram os valores representados no Gráfico 4.2.

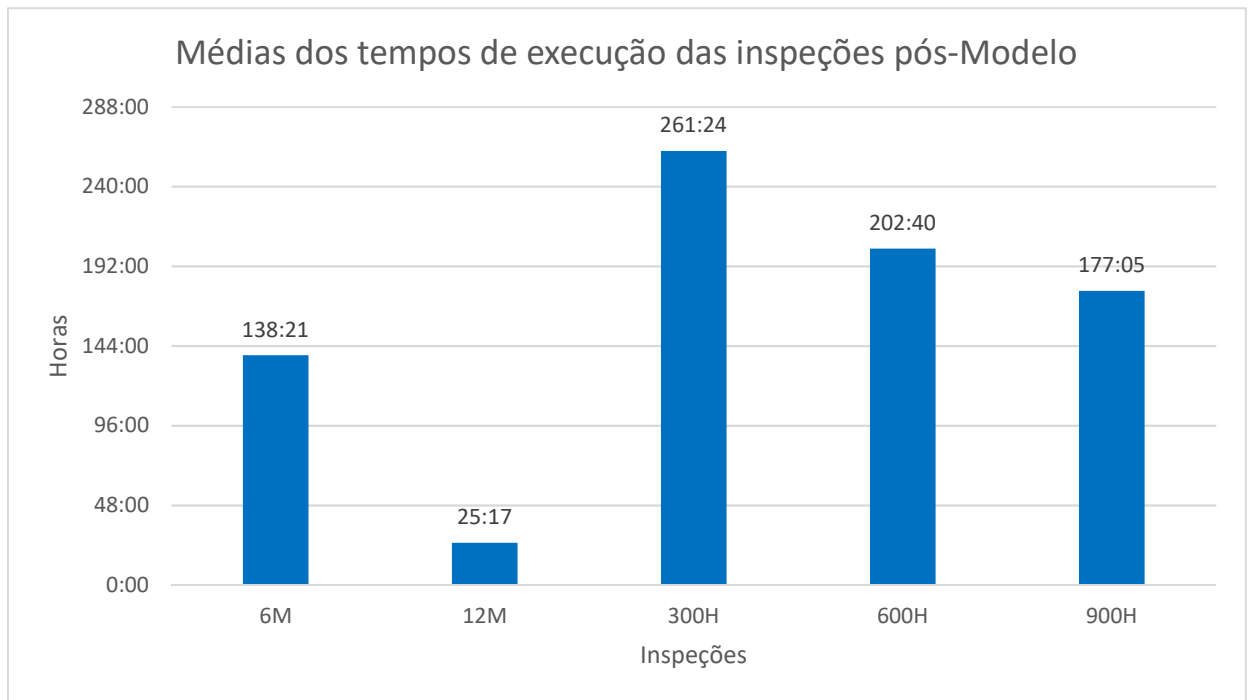


Gráfico 4.2 – Médias dos tempos de execução das inspeções programadas após implementação do modelo de manutenção

Notando-se logo à primeira vista uma redução bastante significativa nos tempos de execução das inspeções programadas e o que correspondia também a uma diminuição dos tempos de imobilização das aeronaves. O gráfico 4.3 ilustra bem as diferenças que existem nos tempos de execução antes e depois da implementação do modelo de manutenção na execução das inspeções programadas do C-295M.

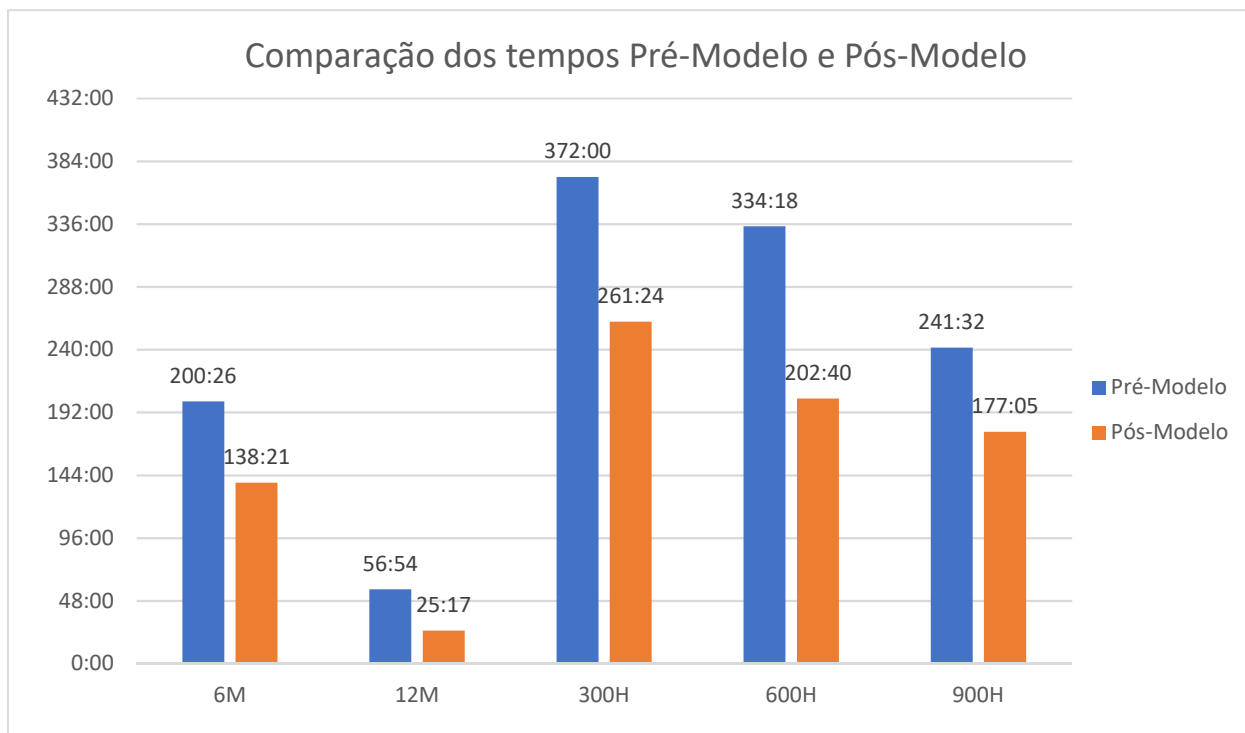


Gráfico 4.3 – Comparação entre os tempos de execução das inspeções programadas antes e após a implementação do modelo de manutenção.

Posto isso, conseguiu-se aferir as diferenças de tempos de execução que existiam entre as inspeções antes e após a implementação do modelo de manutenção tendo se chegado aos resultados apresentados na Tabela 4.12.

Inspeção	Pré-Modelo	Pós-Modelo	Diferença	Redução de tempo (%)
6M	200:26	138:21	62:05	30,97
12M	56:54	25:17	31:37	55,57
300H	372:00	261:24	110:36	29,73
600H	334:18	202:40	131:38	39,38
900H	241:32	177:05	64:27	26,68

Tabela 4.12 - Reduções de tempos alcançadas com a implementação do novo modelo de manutenção

De salientar que estes resultados eram expectáveis no início da implementação do modelo de manutenção, mas há-que ter em atenção que os intervalos de estudo entre as duas fases, visto que na fase pré-modelo o intervalo de tempo a estudar fez um total de 3 anos e dois meses, e na fase pós-modelo o intervalo de tempo a ser estudado foi de 2 anos e 5 meses, contudo esta diferença de amostragem temporal não invalida os resultados obtidos, conseguindo-se uma redução média de

tempo das inspeções na ordem das 80:04 horas o que equivale em termos de percentagem a uma redução de 36,47% no tempo de imobilização das aeronaves em inspeção programada. Este valor é bastante satisfatório tendo em conta a redução média que se esperava obter em teoria, que estava na ordem dos 19,65%.

Esta diferença de valores é tão elevada também porque na teoria não são tidas em conta todos os fatores internos (Recursos humanos e recursos materiais) e externos (GSE, infraestruturas, material informático e etc.) à manutenção do C-295M que afetam de uma maneira positiva ou negativa as inspeções programadas, tanto que se pode notar isso nas diferenças de tempo expectáveis para execução das inspeções na teoria e os tempos que na realidade levam a serem executadas.

Algo que contribuiu também bastante para esta melhoria na manutenção foi a reorganização do espaço da doca de inspeção, quando foi tomada a iniciativa de proceder a esta reestruturação das tarefas de execução das inspeções, verificou-se que muito do tempo perdido na execução das inspeções teria também muito a ver com o número de deslocações e movimentos desnecessários no decorrer das inspeções, nomeadamente deslocações para consulta de publicações técnicas e recolha de ferramentas e GSE. Como tal optou-se também por se efetuar uma “limpeza” no hangar da manutenção e com os meios que haviam à disposição, definiu-se uma área no hangar dedicada apenas à doca de inspeções programadas, e reuniu-se essa área dos equipamentos e ferramentas que são mais utilizados nas inspeções programadas de modo a reduzir ao máximo as deslocações desnecessárias e os tempos e distâncias das deslocações que não se conseguem eliminar na execução das inspeções. Todas estas alterações podem ser vistas nas figuras 4.10 e 4.11, onde estão representados os layouts do antes e do depois, respetivamente, da criação da doca dedicada às inspeções programadas.

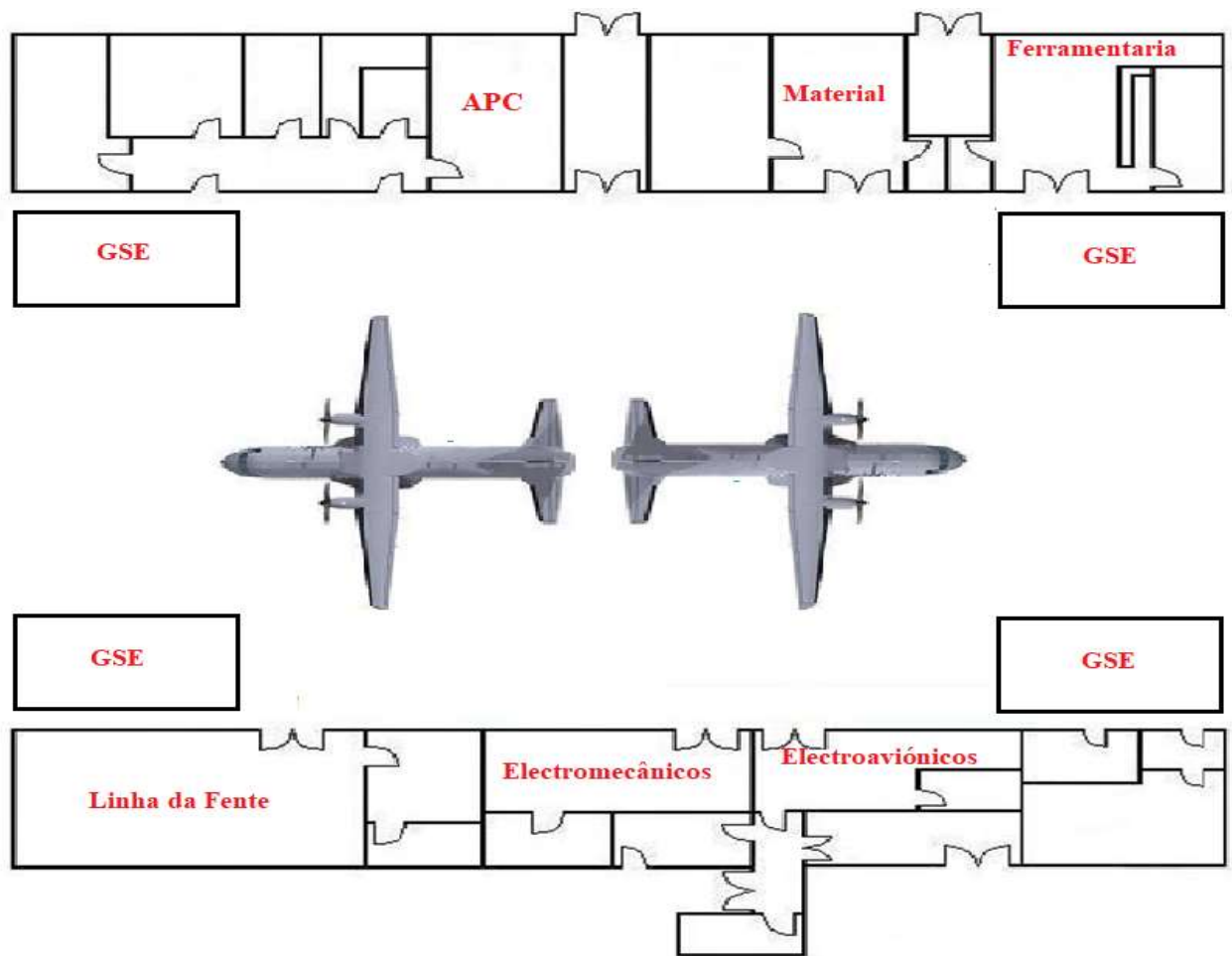


Figura 4.11 – Hangar da manutenção do C-295M antes da criação da doca dedicada às inspeções programadas

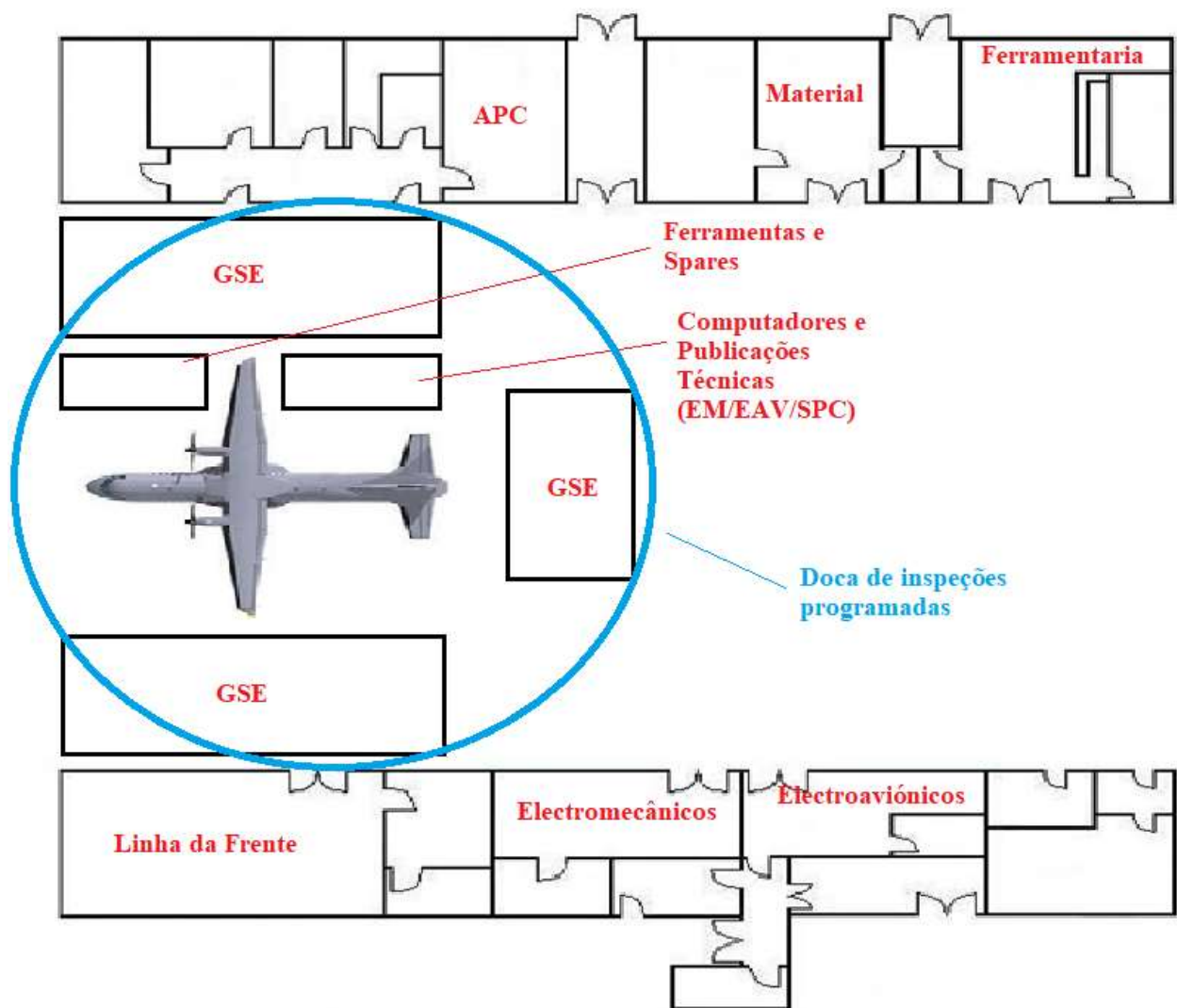


Figura 4.12 – Hangar da manutenção do C-295M após criação da doca dedicada às inspeções programadas

Outra ação que contribuiu para a redução dos tempos de imobilização das aeronaves foi a afetação de uma equipa fixa de inspeção constituída por elementos das duas áreas, eletromecânicos e eletroaviônicos, Isto aconteceu devido à acumulação de funções dos mecânicos, porque estes além de terem de executar trabalhos de manutenção, também possuem funções de voo, e existia muitas vezes o costume e necessidade de usar os mecânicos que estavam afetos a uma inspeção programada para integrarem a tripulação de um voo, como tal, devido a isso muitas vezes acontecia que as inspeções progrediam de uma modo lento, chegando mesmo até algumas vezes a parar, devido ao reduzido número de elementos nas inspeções.

Sendo este um processo de melhoria contínua, espera-se que num curto-médio prazo, se consiga reduzir um pouco mais os tempos de imobilização das aeronaves em inspeção programada, mas

apenas até um ponto que não comprometa a segurança dos elementos da manutenção nem a aeronavegabilidade das aeronaves.



## 5. Conclusões e Recomendações

Este capítulo consiste numa reflexão do trabalho executado por intermédio dos resultados obtidos e apresenta algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

### 5.1 Conclusões

O trabalho apresentado ao longo deste documento teve como objetivo principal demonstrar o quanto as técnicas *Lean* poderiam ajudar na redução dos tempos de imobilização das aeronaves de um dado sistema de armas em inspeções programadas. Para tal foi desenvolvido e apresentado um modelo de suporte da manutenção, recorrendo às técnicas *Lean*, que ajudasse na execução e avaliação das inspeções de modo a conseguir-se saber se era possível reduzir os tempos de imobilização das aeronaves quando em inspeções programadas, tendo-se chegado na teoria através da recolha de dados das inspeções já realizadas e dos tempos de execução das tarefas de inspeção propostos pelo fabricante, à conclusão que o mesmo era possível.

Posto isso, a grande questão era se essa redução de tempo que se esperava obter compensava face ao método de manutenção já existente e às alterações a serem efetuadas na prática, mas mais uma vez a conclusão foi que compensava, tendo-se verificado que a nível teórico conseguiria uma redução média de tempo das inspeções na ordem dos 19,65% face ao método de manutenção existente, e quando utilizado na prática o novo modelo de manutenção obteve-se uma redução média de tempo das inspeções programadas na ordem dos 36,47%. O aumento significativo desta redução deveu-se à reestruturação teórica dos planeamentos de manutenção ter sido demasiado conservadora no que toca aos tempos de execução das tarefas.

Analisando estes resultados de um ponto de vista operacional, significa isto que o sistema de armas Airbus D&S C-295M terá uma disponibilidade operacional superior na ordem dos 36,47%.

Posto isto pode-se concluir que o novo modelo de manutenção, face á realidade da manutenção, é o indicado para se pôr em prática na execução das inspeções programadas das aeronaves do sistema de armas Airbus D&S C-295M.

### 5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Tendo em conta a amostra temporal em que este trabalho foi baseado, 3 anos e dois meses sem qualquer modelo de manutenção definido e 2 anos e 5 meses com o novo modelo de manutenção, seria de todo o interesse verificar-se se este novo modelo daqui a mais 2/3 anos continua a

satisfazer as necessidades e realidade da manutenção do Airbus D&S C-295M e se as médias de tempo se mantêm, diminuíram ou aumentaram.

Visto que este trabalho foi apenas baseado na fase básica das inspeções programadas, para trabalhos futuros seria de todo o interesse averiguar qual a relevância e o impacto que as tarefas de manutenção oriundas e adicionais poderão ter nos tempos de execução das inspeções programadas, e de que modo as tarefas das fases adicionais poderão ser encaixadas no planeamento das tarefas da fase básica sem que isso comprometa os tempos de execução das inspeções.

Seria também de todo o interesse, tendo em conta que parte do trabalho já foi efetuado, a análise do antes e depois da criação do novo layout do hangar com a doca de inspeção dedicada, em termos de movimentos e tempos que se conseguiram reduzir, e qual foi o impacto real a nível de tempos que isso teve nas execuções das inspeções programadas.

Tendo em conta os resultados obtidos neste sistema de armas em particular, seria também bastante interessante verificar a transversalidade deste modelo a outros sistemas de armas, com aplicação do mesmo a outras manutenções, com intuito de se verificar se também se conseguem obter reduções significativas dos tempos de execução na execução das inspeções programadas desses sistemas de armas.

## Referências bibliográficas

ADMINISTRAÇÃO, Portal – Académico. (2014). **Kaizen: A filosofia da melhoria contínua**. Artigo consultado em dezembro de 2017 e disponível em:

<http://www.portal-administracao.com/2014/10/kaizen-filosofia-melhoria-continua.html>

ANAC. (2015). **ANAC: Atribuições e Competências**. Artigo consultado em julho de 2019 e disponível em:

<https://www.anac.pt/vPT/Generico/ANAC/Atribuicoes/Paginas/AtribuicoesCompetencias.aspx>

ANTOSZ, K.; STADNICKA, D. (2017). **Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results**. Em: *Procedia Engineering 182*. Elsevier. Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland. 25 – 32.

ARSLANKAYA, S.; ATAY, H. (2015). **Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm wich produces dairy products**. Em: *Procedia – Social and Behavioral Sciences 201*. Elsevier. Sakarya University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department. 214 – 224. Sakarya, Turkey.

BERRITTELLA, M.; LA FRANCA, L.; ZITO, P. (2009). **An analytic hierarchy process for ranking operating costs of low cost and full service airlines**. *Journal of Air Transport Management*, Vol. 15, nº 5, 249 – 255. Elsevier. Palermo, Italy.

CABRAL, J. (2013). **Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios**. LIDEL. Lisboa.

CHARRON, R.; HARRINGTON, H.; VOEHL, F.; WIGGIN, H. (2014). **“The Lean Management Systems Handbook”**. CRC Press. New York.

CI&T. (2017). **Lean: o que é e quando surgiu e como pode impactar a sua empresa**. Artigo consultado em janeiro de 2018 e disponível em:

<http://blog.ciantd.com/pt/lean-o-que-e-quando-surgiu-e-como-pode-impactar-a-sua-empresa>

CITEVE. (2012). **Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV**.

COHEN, M.; WILLIE, J. (2006). **Implications for Service Parts Management in the Rapidly Changing Aviation MRO Market**. The Wharton School: University of Pennsylvania.

CORREIA, G. N. R. (2012) **Aplicação de técnicas Lean à montagem do Inlet Fan Module e análise do consumo de combustível do Motor F100-PW-220E / F-16 Fighting Falcon**. Sintra:

Academia da Força Aérea. Dissertação de Mestrado em Ciências Militares Aeronáuticas, na Especialidade de Engenharia Aeronáutica.

CORREIA, V. M. M. (2012). **O Programa de Manutenção de Aeronave e a sua importância na Gestão da Continuidade da Aeronavegabilidade**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Dissertação de Mestrado em Engenharia Aeroespacial.

COSTA, P. M. R. (2015). **Slides da Unidade Curricular de Manutenção Aeronáutica**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

CRUZ, N. M. P. (2013). **Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos**. Minho: Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.

DIAS, C. M. G. (2015). **Aplicação da Filosofia Lean Management. Caso de Estudo, aplicado à manutenção de edifícios**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Mecânica.

EASA. (2010). *Maintenance Review Board Process (MRB) and Instructions for Continued Airworthiness*. Cologne.

EASA. (2010). **Procedure PR.MRB.00001-001 Maintenance Review Board**.

EASA. (2019). **Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)**. Consultado em julho de 2019 e disponível em:

<https://www.easa.europa.eu/document-library/general-publications/easy-access-rules-continuing-airworthiness-regulation-eu-no-0>

FERREIRA, J. L. S. (2011). **Aplicação de Metodologias Lean em Aeronáutica**. Covilhã: Universidade da beira Interior. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Aeronáutica.

Fonte: <https://www.emfa.pt/esquadra-45-esquadra-502-elefantes> (Força Aérea, Esquadra 502-“Elefantes”), consultado em maio de 2018.

Fonte: <https://www.emfa.pt/aeronave-19-eads-c295m> (Força aérea, C-295M), consultado em maio de 2018.

FRAGA, A. (2014). **Aplicação das metodologias LEAN numa MRO**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.

GESTÃO, Portal – Artigos. (2010). **Os Princípios do Lean Thinking**. Artigo consultado em janeiro de 2018 e disponível em:

<https://www.portal-gestao.com/artigos/6002-os-princ%C3%ADpios-do-lean-thinking.html>

GOUVEIA, J. (2010). **Lean Management aplicada á Regeneração de Potencial do módulo Augmentor do Motor F100-PW-220E**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Dissertação de Mestrado em Aeronáutica Militar, especialidade de Engenharia Aeronáutica.

ICAO. (2011). **Making an ICAO Standard**. Artigo consultado em julho de 2019 e disponível em: <https://www.icao.int/safety/airnavigation/Pages/standard.aspx>

IMAI, M. (1986). **Kaizen: the key to japan's competitive success**. McGraw-Hill Education. New York, USA.

IPQ. (2007). **NP EN 13306, Terminologia da Manutenção**. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

KARDEC, A. (2003). **Gestão e terceirização na manutenção**.

KACZMAREK, M. J. (2014). **Integrating Lean and Green Paradigms in Maintenance Management**. Em: *The International Federation of Automatic Control*. Cape Town, South Africa. August 24 – 29, 2014. Poznan Uuniversity of Technology, Faculty of Management Engineering. Poland, Poznan. 24 – 29.

KINNISON, H. (2012). **Aviation Maintenance Management**. McGraw-Hill. New York, USA.

LIKER, J. (2004). **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. McGraw-Hill. New York, USA.

MELTON, T. (2005). **The benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has Offer the Process Industries**. Em: *Chemical Engineering Research and Design*, Trans IChemE, Part A. June 2015, 83(A6): 662–673.

MESA. (1995). **Maintenance Engineering Society of Australia Capability Assurance: A Generic Model of Maintenance**. Maintenance Engineering Society of Australia (MESA). Australia.

MOREIRA, S. P. S. M. (2011). **Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Mecânica.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. (2015) **Lean maintenance roadmap**. Em: *Procedia Manufacturing 2*. Bali – Indonesia, 4 – 6 February 2015, Elsevier. 434 – 444.

- NANCABÚ, P. (2011). **Procedimento para Manutenção Preventiva na Empresa de Resíduos Sólidos Urbanos do Centro “ERSUC”**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.
- PINTO, A.; SOARES, I. (2010). *Sistemas de gestão da qualidade – guia para a sua implementação*. Edições Sílabo. Lisboa.
- PINTO, J. (2013). *Manutenção LEAN*. LIDEL. Lisboa.
- PINTO, J. (2014). *Introdução ao Pensamento Lean*. CLT Services. LIDEL. Lisboa.
- QUEIROZ, M. (2015). **Estudo de Melhoria de Gestão de Manutenção de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais**. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.
- RODRIGUES, V. (2015). “**Breve história da Toyota e surgimento do Lean Manufacturing**”. Jornal Impresso, artigo consultado em janeiro de 2018 e disponível em:  
<http://www.jornalimpresso.com/news/breve-historia-da-toyota-e-surgimento-do-lean-manufacturing/>
- ROTHER, M. e SHOOK, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminating MUDA*. The Lean Enterprise Institute.
- SALVADA, P. (2003). **F-16/MLU A Complexidade do Programa**. *Revista Mais Alto*, nº 343, 2 – 8.
- SEIBEL, S. (2014). “**Princípios da Filosofia Lean**”. Artigo consultado em dezembro de 2017 e disponível em:  
<https://pt.slideshare.net/Sustentare/principios-da-filosofia-lean-slides-prof-silene-seibel>
- SHINGO, S. (1996). *O Sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da Engenharia de Produção*. 2ª edição, Bookman. Porto Alegre.
- SHINGO, S. (2000). *Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Bookman.
- SMITH, R. e HAWKINS, B. (2004). *Lean Maintenance. Reduce costs, Improve Quality and increase market share*. Elsevier Butterworth–Heinemann. Oxford, UK.
- SOFEMA. (2015). *Where Does the Maintenance Planning Document (MPD) Come From?*. Artigo consultado em julho de 2019 e disponível em:

<https://sofemaonline.com/blog/entry/where-does-the-maintenance-planning-document-mpd-come-from>

THOMAZ, M. (2015). ***Balanced ScoreCard e Hoshin Kanri: Alinhamento Organizacional e Execução da Estratégia***. Biblioteca Lean, Lisboa.

TUBINO, D. F. (1997). ***Sistemas de Produção: a produtividade do chão de fábrica***. Bookman. Porto Alegre.

VICÊNCIO, J. (2017). ***Aviação Militar: Poder Aéreo Desvendado***. *INGENIUM*, nº 157: 38 – 39.

VIEIRA, D. R.; LOURES, P. L. (2016). ***Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) Fundamentals and Strategies: An Aeronautical Industry Overview***. International Journal of Computer Applications. Vol. 135, nº 12, 21 – 29.

WERKEMA, M. C. C. (2006). ***Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing***. 1ª Edição, Werkema. Belo Horizonte.

WIREMAN, T. (2005). ***Developing Performance Indicators for Managing Maintenance***. Industrial Press. New York.

WOMACK, J.; JONES, D. (1996). ***Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation***. Siman & Schuster. New York, USA.

XENOS, H. G. (2004). ***Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade***. Nova Lima, IDGN Tecnologia e Serviços Lda, Belo Horizonte.

YOUSOUF, A.; RACHID, C; ION, V. (2014). ***Contribution To The Optimization Of Strategy Of Maintenance By Lean Six Sigma***. Em: *Physics Procedia* 55. Elsevier. 512 – 518.