



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Faculdade de Engenharia



## Optimização da Cadeia Logística da Aeronave F-16 Sistemas Aviónicos

Tiago da Silva Carvalho

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Aeronáutica**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador UBI: Prof. José Manuel Mota Lourenço da Saúde  
Orientador FAP: Tenente-Coronel Pedro Salvada

Covilhã, Outubro de 2011



# Agradecimentos

Agradeço ao Professor José Manuel Mota Lourenço da Saúde, meu orientador na UBI, pela sua disponibilidade para me ajudar sempre que precisei e pela competência com que orientou a minha tese.

Ao Tenente-Coronel Pedro Salvada, meu orientador na FAP, pelo conhecimento que me transmitiu e pela confiança que teve em mim para conseguir atingir os objectivos que foram propostos.

A uma vasta equipa de pessoas no interior da Base Aérea nº5 sempre disponíveis para me apoiar e pela colaboração dada na recolha de informações importantes.

Aos meus pais, Luís e Aurélia, fundamentais pelo apoio, força e coragem que me deram para continuar a enfrentar todos os desafios, sobretudo nos momentos em que o trabalho teimava em não aparecer feito.



# Resumo

A Esquadilha de Manutenção Electroaviónica na Base Aérea nº 5 de Monte Real é responsável pela manutenção dos equipamentos das subunidades de Aviónica e Sensores, Comunicações/Navegação/Guerra Electrónica, Comandos de Voo e Electricidade da aeronave F-16 Fighting Falcon. Os militares nestas secções devem assegurar que os equipamentos instalados na aeronave se encontram totalmente operacionais e mantêm a sua integridade, e ao mesmo tempo devem ter em consideração que as suas tarefas assumem um papel de grande importância na rapidez de resposta do sistema de armas e na capacidade de este efectuar todas as missões requeridas. Este trabalho apresenta o estudo e implementação de conceitos Lean na cadeia logística do F-16 Fighting Falcon na BA5, com particular atenção nos sistemas electrónicos e aviónicos e no abastecimento de material. De forma a conseguir melhorar os processos de manutenção, efectuou-se um levantamento de todas as obras de manutenção nas subunidades no ano de 2010 e, com base nesses dados, foi verificado o material utilizado nas avarias mais frequentes. É apresentado também o estudo e avaliação do sistema kanban, salientando a importância do potencial humano numa implementação deste tipo, onde é considerada fundamental a participação de todos os militares na manutenção e na organização da mesma para obter resultados de sucesso.

## Palavras-chave

Gestão Lean, Cadeia de Abastecimento, Desperdícios, kanban, Mapeamento da Cadeia de Valor.



# Abstract

The Esquadilha de Manutenção Electroaviónica of the Air Base nº5 in Monte Real is the department that is responsible for the maintenance of all the equipment on the subdivisions of Avionics and Sensors, Communications/Navigation/Electronic Warfare, Flight Commands and Electrical Systems that equips the F-16 Fighting Falcon aircraft. The military personnel associated with these systems should guarantee that all of the equipment actually installed on the aircraft is totally operational and maintains its physical integrity, while at the same time they must concern about the importance of their functions in the readiness of the weapon system and its capability to accomplish all the missions required. This study shows the research work that was made and the final results about the implementation of Lean concepts in the military logistics chain of the F-16 Fighting Falcon, with main focus on the electronic and avionics systems and the supply of material. In order to be able to apply the maintenance processes, a research was made to identify the 20 most frequent failures on the aircraft systems referred above in the year of 2010. After this, another search was made in order to identify the spare and consumable parts for these failures. A plan to create a "kanban" system is also presented on this work, with special focus on the human potential of the military personnel, which plays a decisive role on the success of these types of implementation.

## Keywords

Lean Management, Supply Chain, Waste, kanban, Value Stream Mapping.



# Índice

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Introdução  | 1  |
| 2       | Fundamentos Teóricos                              | 4  |
| 2.1     | Lean Management                                   | 4  |
| 2.1.1   | Breve história do Lean Management                 | 5  |
| 2.1.2   | Princípios do Lean Management                     | 6  |
| 2.1.3   | O Toyota Production System (TPS)                  | 7  |
| 2.1.4   | Aplicação do lean na indústria aeronáutica        | 9  |
| 2.2     | Lean Production e Lean Manufacturing              | 10 |
| 2.2.1   | Mapeamento da Cadeia de Valor (MCV)               | 11 |
| 2.2.1.1 | Sequência de mapeamento                           | 11 |
| 2.2.1.2 | Parâmetros de avaliação das actividades           | 12 |
| 2.2.2   | Eventos de Melhoria (kaizen blitz)                | 13 |
| 2.2.2.1 | Noções gerais                                     | 14 |
| 2.2.2.2 | Plano de acção                                    | 14 |
| 2.2.3   | Ferramenta “6S”                                   | 15 |
| 2.2.3.1 | Princípios do “6S”                                | 15 |
| 2.2.3.2 | Benefícios para a organização                     | 16 |
| 2.2.3.3 | Áreas de aplicação                                | 18 |
| 2.2.4   | Gestão visual                                     | 18 |
| 2.3     | A Cadeia de Abastecimento                         | 19 |
| 2.3.1   | Gestão da Cadeia de Abastecimento                 | 19 |
| 2.3.2   | Medidas de performance da Cadeia de Abastecimento | 20 |
| 2.3.3   | Logística na Cadeia de Abastecimento militar      | 21 |
| 2.4     | Sistema kanban                                    | 22 |
| 2.4.1   | Conceito geral                                    | 23 |
| 2.4.2   | Determinação do número de kanbans                 | 25 |
| 2.5     | O Glenday Sieve                                   | 27 |
| 2.5.1   | Descrição e funcionamento                         | 27 |
| 2.5.2   | Categorias de Produtos                            | 28 |
| 2.6     | Diagrama de Esparguete                            | 29 |
| 2.7     | Melhoria Contínua/“kaizen”                        | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 2.8 O Sistema de Armas da FAP                                  | 31 |
| 2.8.1 Organização do Sistema de Armas                          | 31 |
| 2.8.2 O F-16   | 31 |
| 3. Descrição e avaliação do processo de logística e manutenção | 35 |
| 3.1 A Cadeia Logística do F-16                                 | 35 |
| 3.1.1 Esquadrilha de Manutenção de Electroaviónica (EMEA)      | 36 |
| 3.1.2 Oficina de Manutenção Intermédia de Aviónicos (AIS)      | 38 |
| 3.1.3 O Armazém de material                                    | 40 |
| 3.2 Organização da manutenção                                  | 41 |
| 3.2.1 Escalões de manutenção                                   | 41 |
| 3.2.2 Falhas e constrangimentos no processo                    | 42 |
| 3.2.2.1 O circuito do material reparável                       | 42 |
| 3.2.2.2 Recolha de material de tecnologia obsoleta             | 43 |
| 3.2.2.3 Abastecimento de material                              | 44 |
| 3.2.3 As Inspeções de Fase                                     | 44 |
| 3.2.4 Registo das obras de manutenção                          | 45 |
| 4. Implementações lean na Cadeia de Abastecimento              | 47 |
| 4.1 Primeira fase de procedimentos                             | 47 |
| 4.1.1 Criação do sistema kanban                                | 48 |
| 4.1.1.1 Organização e recolha de material                      | 48 |
| 4.1.1.2 Cartões kanban   | 49 |
| 4.1.1.3 Fluxo de cartões kanban                                | 49 |
| 4.2 Resumo das tarefas efectuadas                              | 50 |
| 4.3 Teste ao circuito de abastecimento                         | 52 |
| 4.4 Registo e análise das 20 avarias mais frequentes           | 54 |
| 4.5 Planeamento do processo de manutenção                      | 56 |
| 4.5.1 Utilização da ferramenta Glenday Sieve                   | 56 |
| 4.5.2 Diagrama de esparguete (actual)                          | 58 |
| 4.5.3 Diagrama de esparguete (proposta de melhoria)            | 60 |
| 4.6 Registo do material utilizado nas avarias                  | 60 |
| 4.7 Mapeamento da Cadeia de Valor                              | 61 |
| 4.7.1 Situação Actual  | 65 |
| 4.7.2 Tipos de desperdício identificados                       | 66 |
| 4.7.3 Situação Futura  | 68 |
| 5. Pontos de melhoria  | 72 |
| 5.1 Consumos dos kanbans                                       | 72 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2 Procedimentos do abastecimento por imagens | 74 |
| 5.3 Novo circuito dos componentes reparáveis   | 77 |
| 5.4 Incentivar a melhoria contínua             | 78 |
| 5.5 Sugestões/Recomendações                    | 78 |
| 6. Conclusão                                   | 80 |
| 7. Referências Bibliográficas                  | 83 |
| 8. Anexos                                      | 85 |



# Lista de Figuras

Figura 1 – As três fases do MCV

Figura 2 – Exemplo de funcionamento do 6S

Figura 3 – Fluxo de produção, informação e materiais no sistema kanban

Figura 4 – Esquema do kanban de sinal utilizado na manutenção

Figura 5 – A aeronave F-16

Figura 6 – Registo no armazém do material em falta no kanban de manutenção

Figura 7 – Arrumação do material que vai abastecer o kanban de manutenção

Figura 8 – Colocação do mat/ no ponto de recolha antes de ser transp/ para o kanban

Figura 9 – Transporte do material para os kanbans

Figura 10 – Colocação do material no kanban respectivo



# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tipos de desperdício

Tabela 2 – TOP 20 de avarias no ano de 2010 na EMEA

Tabela 3 – Formato da tabela de dados na análise Glenday Sieve

Tabela 4 – Critério de separação por core

Tabela 5 – Material utilizado no TOP 20 de avarias

Tabela 6 – Número de kanbans VS número de kanbans utilizados (1º trimestre)

Tabela 7 – Diferenças entre o nº de artigos e o nº de art/ movimentados (1º trimestre)



# Lista de Acrónimos

|        |  |
|--------|--|
| AIS    | Avionics Intermediate Shop                                   |
| AV     | Acrescenta Valor   |
| BA5    | Base Aérea nº5 de Monte Real                                 |
| CGM    | Centro de Gestão da Manutenção                               |
| DMSA   | Direcção de Manutenção do Sistema de Armas                   |
| EMA    | Esquadilha de Manutenção de Aviónicos                        |
| EMEA   | Esquadilha de Manutenção Electroaviónica                     |
| EMMEE  | Esquadilha de Manutenção de Material Eléctrico e Electrónico |
| FAP    | Força Aérea Portuguesa                                       |
| GE     | Guerra Electrónica   |
| IAIS   | Improved Avionics Intermediate Shop                          |
| LAI    | Lean Advancement Initiative                                  |
| MCV    | Mapeamento da Cadeia de Valor                                |
| MLU    | Mid-Life-Upgrade   |
| MMLT   | Mean Maintenance Lead Time                                   |
| MTTO   | Mean Time to Organize  |
| MTTR   | Mean Time to Repair  |
| MTTY   | Mean Time to Yield   |
| NAV    | Não Acrescenta Valor   |
| OCU    | Operacional Capability Upgrade                               |
| OGMA   | Oficinas Gerais de Manutenção Aeronáutica                    |
| TCTO's | Time Compliance Technical Orders                             |
| TPS    | Toyota Production System                                     |
| UBI    | Universidade da Beira Interior                               |
| USAF   | United States Air Force                                      |



# 1-Introdução

A gestão do Sistema de Armas é assegurada pela Direcção de Manutenção do Sistema de Armas (DMSA). Este órgão foi criado em 2009 e tem como missão gerir todas as actividades da FAP, administrar o suporte logístico e garantir que todos os meios aéreos estão prontos a actuar para operação do Sistema de Armas. A aeronave F-16 “Fighting Falcon” faz parte de um desses sistemas e está atribuída à Esquadra 201 da Base Aérea nº5 de Monte Real - BA5. A implementação de melhorias Lean na cadeia de abastecimento (Supply Chain) tem sido realizada de forma gradual nos últimos anos, através de várias acções levadas a cabo nas diferentes áreas de manutenção, que visam otimizar o funcionamento de toda a Cadeia Logística e obter uma melhoria sustentada da organização a longo prazo.

No sentido de servir cada vez melhor os interesses da FAP, a optimização dos processos de manutenção é fundamental para minimizar as perdas e melhorar a eficiência, acrescentando valor em todas as tarefas que são desempenhadas pelos militares. À medida que o sistema de armas envelhece, e a tecnologia existente nas aeronaves se torna obsoleta em relação aos equipamentos mais modernos, os custos de manutenção e de reparação aumentam progressivamente. Com um orçamento cada vez mais reduzido para aquisição e serviços de suporte às aeronaves, o departamento de gestão tem em mãos a importante tarefa de evitar que estes custos se tornem exageradamente elevados, ao mesmo tempo que tenta melhorar cada vez mais a qualidade nos processos. Uma das soluções para evitar esse aumento de custos passa por estender o limite de vida de alguns equipamentos existentes nas aeronaves, cuja substituição exige uma quantidade de recursos demasiadamente dispendiosa. No entanto, o aumento dos custos de manutenção para manter determinados componentes implica uma redução do orçamento disponível para substituição dos mesmos por outros equipamentos tecnologicamente mais evoluídos. Assim, é necessário trabalhar o próprio sistema e levar a cabo investigações ao mesmo tempo em se tentam aplicar técnicas que tornem o sistema de armas mais eficiente, eliminando todos os desperdícios possíveis e todas as actividades que não acrescentam valor aos processos.

Qualquer organização que pretenda implementar um novo processo ou otimizar um que já esteja a ser utilizado necessita de saber onde é que este poderá trazer valor e como se põem obter benefícios num curto espaço de tempo. No entanto, se outros processos estiverem a ser alterados simultaneamente, pode tornar-se difícil determinar a contribuição individual de cada um deles para os resultados finais, quando toda a cadeia estiver concluída. Na BA5, o trabalho tem vindo a ser efectuado por etapas, e à medida que novos desafios vão surgindo com a política de melhoria, continua a procura de soluções para melhorar cada vez mais as expectativas.

Nos últimos anos, a FAP tem-se esforçado por aumentar a disponibilidade de operação dos vários sistemas de armas e, conseqüentemente, diminuir o tempo necessário em acções de manutenção e os custos anuais de operações, mantendo para isso um suporte logístico adequado. Os meios para atingir estes objectivos passam por reduzir o tempo em cada ciclo de trabalho, reduzir o tempo que demora a fornecer o material nos kanbans, os custos de reparação e melhorar a disponibilidade de material e a sua distribuição (peças sobressalentes) - as peças certas no momento certo.

Outras soluções passam também por incentivar à melhoria da qualidade na produção e reparação e aumentar os níveis de fiabilidade para que seja possível, entre outros, reduzir o número de componentes que é necessário remover da aeronave quando surge uma avaria. Se for considerado ainda o factor fiabilidade, é importante aumentar o tempo médio entre peças removidas e as taxas de tempo médio entre falhas, para peças individuais.



## 2-Fundamentos Teóricos

Serão apresentados neste capítulo os principais temas discutidos no trabalho, com o intuito de fornecer ao leitor as bases teóricas mais simples necessárias para a compreensão do mesmo. Numa primeira abordagem serão discutidos os conceitos e ferramentas de Lean Management, assim como a importância que esta filosofia teve no passado da Toyota e o impacto que pode produzir nas empresas que a pretendem implementar actualmente. Vai ainda ser explicada a diferença entre lean production e lean manufacturing, duas das filosofias mais importantes do lean, e apresentado o processo de mapeamento da cadeia de valor numa vertente mais ligada às organizações que gerem actividades de manutenção. Irá ainda ser demonstrado o processo de funcionamento de um sistema kanban, uma ferramenta que contribui bastante para aumentar a eficiência e a organização da produção e serviços nas empresas, e a importância que este tem para a cadeia de abastecimento. Por fim mas não menos importante, serão explicadas as vantagens da melhoria contínua e apresentado o sistema de armas da FAP, com especial atenção para o F-16 Fighting Falcon.

### 2.1-Lean Management

O Lean Management é uma extensão do conceito de lean production, que também é discutido neste trabalho, e corresponde a uma filosofia de gestão que foca a sua atenção na melhoria da produtividade, através da redução dos custos e do tempo de operação no processo de fabrico. Ajuda ainda a evidenciar e a promover as actividades que acrescentam valor ao cliente. Actualmente é utilizado em indústrias e serviços das mais variadas áreas de actuação, tanto a um nível empresarial como em organizações públicas.

## 2.1.1-Breve história do Lean Management

Após o final da 2ª Guerra Mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, dois engenheiros da Toyota, uma empresa do sector automóvel sediada no Japão, desenvolveram um novo sistema de produção para a sua empresa que veio revolucionar toda a indústria de manufactura a nível mundial. Em 1950, Eiji efectuou uma visita de três meses à fábrica da Ford em Detroit, que era até então o maior e mais eficiente complexo industrial de produção do mundo. Nessa altura, a Toyota e a indústria japonesa em geral ainda sentiam grandes dificuldades em desenvolver os seus produtos, devido à baixa produtividade e à escassez de recursos. Com o objectivo de estudar todos os pormenores do processo de fabrico e de montagem e verificar quais os pontos fracos que podiam ser corrigidos, Eiji analisou minuciosamente o processo de fabrico da Ford, para mais tarde aplicar e melhorar na sua empresa as metodologias utilizadas nos EUA. No entanto, ele e o engenheiro de Produção Taiichi Ohno verificaram que era muito difícil conseguir utilizar as mesmas ferramentas e métodos existentes nos EUA. Assim, face aos obstáculos encontrados, os engenheiros tentaram desenvolver novas técnicas que se adequassem ao modelo de produção seguido pela Toyota.

Segundo Womack e Jones (1992), Ohno começou por efectuar várias experiências com moldes na linha de estampagem e criou uma nova técnica que permitia aos operadores das máquinas fazer a troca de moldes com maior rapidez. Ohno conseguiu reduzir o tempo de troca de 1 dia para 3 minutos. A ideia era que essas trocas pudessem ser feitas em intervalos de duas ou três horas, o que permitia utilizar a mesma linha de produção para o fabrico de peças diferentes, aumentando a flexibilidade. Estes foram os primeiros passos na implementação daquilo que hoje designamos por Lean Management.

Desde então, outras técnicas bem conhecidas actualmente foram sendo criadas na fábrica da Toyota, como a produção em pequenos lotes e a aposta na formação e motivação de pessoal altamente qualificado. Com isto, a probabilidade de se cometerem erros foi reduzida drasticamente e o número de peças defeituosas também diminuiu, pois com a menor quantidade de produção tornou-se mais fácil para os operários de linha identificar essas anomalias nos produtos.

Outras companhias japonesas tentaram copiar o sistema da Toyota, e o Japão rapidamente ganhou proeminência no mercado mundial. As técnicas espalharam-se

rapidamente para os Estados Unidos da América e para a Europa Ocidental, e fabricantes de todo o mundo tentaram aplicar o Lean nas suas empresas.

## 2.1.2-Princípios do Lean Management

Em 1998, Womack e Jones apresentaram ao mundo o Pensamento Lean (Lean Thinking), um livro que retrata a filosofia baseada no Sistema de produção Toyota. Nele, são apresentados os passos necessários para identificar as actividades que geram valor e o desperdício existente em qualquer organização, através de cinco princípios fundamentais:

- Especificação do valor pretendido pelo cliente: A empresa deve focar a sua atenção no cliente. A criação de valor num determinado produto só é possível se as especificações do mesmo forem de encontro às exigências pedidas pelo cliente.

- Identificação da cadeia de valor: Este procedimento deve ser utilizado pela empresa em todos os seus produtos para que se possam identificar as actividades que acrescentam valor e as que não acrescentam valor. Na perspectiva do cliente, estas últimas são consideradas desperdício, e a empresa deve eliminá-las para reduzir custos excedentes na produção.

- Fluxo de valor contínuo: Depois de criado o mapeamento de valor, com todas as actividades que acrescentam valor ao processo, deve ser garantido o fluxo de valor contínuo entre essas actividades na empresa.

- Procura baseada no Cliente: Este passo consiste em alterar a filosofia seguida pela empresa para estimar a quantidade de produção, até então baseada na previsão de vendas. A produção passa a ser efectuada de acordo com a procura real do cliente e em função do que o cliente pretende.

- Procura contínua de melhoria (kaizen): Uma vez que um dado nível de qualidade é atingido pela empresa, a procura pela perfeição não deve ser interrompida e as pessoas que fazem parte da empresa devem todas caminhar nesse sentido, tendo em mente que é sempre possível fazer mais e melhor.

Na Toyota, a aplicação destes princípios e o estilo muito próprio da empresa trouxeram-lhe várias vantagens:

- Menos esforço necessário para projectar, construir e servir os seus produtos.
- Menos investimento necessário para alcançar um dado nível de capacidade de produção
- Menos produtos defeituosos produzidos
- Poucos fornecedores
- Conclusão dos processos relacionados com a produção e distribuição em menos tempo e com menor esforço
- Necessidade de menos inventário em cada passo da linha de produção
- Poucos acidentes de trabalho

A ideia desta filosofia está ligada a um compromisso com um conjunto de princípios e de práticas que tornam e mantêm a empresa mais eficiente, tendo em mente que a melhoria é sempre possível. É por isso que as empresas que aplicam estes princípios não os utilizam temporariamente, mas sim continuamente, uma vez que as rotinas lean uma vez apreendidas estão continuamente a ser utilizadas. O facto de a Toyota utilizar menos recursos em todas as suas acções fez dela uma empresa modelo da aplicação das técnicas Lean.

### **2.1.3-O Toyota Production System (TPS)**

Segundo Taiichi Ohno, a definição original de Lean é “ A completa eliminação de desperdício com vista a reduzir o tempo de espera desde que é recebida a ordem do cliente até à entrega do produto final”. Para alcançar este objectivo, é necessário implementar a produção por determinados níveis, para que se consiga estabelecer fluidez e rapidez no processo. Foi assim que surgiu o Toyota Production System - Sistema de Produção Toyota. Foi criado por um grupo de empresários japoneses, entre os quais se incluíam Shigeo Shingo, Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, e baseia-se no modelo utilizado pela Ford no final da 2ª guerra mundial que utiliza a produção

por determinados níveis como ponto de partida essencial para implementar o Lean em qualquer empresa.

Numa altura em que a indústria japonesa se encontrava em expansão, as empresas procuravam soluções que permitissem aumentar a sua competitividade. Os dois engenheiros tentaram assim encontrar alternativas e analisar as práticas existentes a nível global até então. Para isso, Taiichi Ohno começou por estudar os dois tipos de produção utilizados pelas empresas, a produção em massa e a produção artesanal, para decidir qual era a mais adequada ao planeamento e estratégia de mercado da Toyota. As suas conclusões revelaram que nenhuma das duas iria ser eficaz: a primeira, porque não permitia satisfazer de forma satisfatória as necessidades e exigências dos clientes em adquirir novos produtos, com características diferentes e de maior variedade, um factor importante para qualquer empresa que queira fazer face à concorrência. Por outro lado, a produção artesanal funciona de forma lenta e com poucas quantidades em cada processo, com trabalhadores especializados para efectuar uma determinada tarefa e menor flexibilidade para trabalhar em outros domínios, resultando em custos elevados. Nenhuma destas práticas podia responder aos desafios da Toyota a curto prazo: conseguir ter elevada produtividade com baixo custo de operação e variedade de produtos.

Esta abordagem muitas vezes não é seguida pela maioria das empresas quando se pretende melhorar a rapidez e eficiência do processo, que de uma forma geral se focam mais na eliminação de desperdícios em processos individuais e em determinados equipamentos ou ferramentas, deixando para segundo plano a fluidez de produção e a separação por níveis, optando assim por uma visão mais abrangente do processo. Para se conseguirem efectuar modificações neste plano global, o TPS utilizou uma técnica inovadora que consiste em colocar as necessidades de produção de um determinado passo a serem definidas pelo passo seguinte. Esta medida, que esteve na origem do sistema Just-in-time (denominado pela Toyota por Kanban e amplamente referido neste trabalho), permite controlar de forma mais eficaz o fluxo de material, evitando assim que uma grande quantidade de stock de um determinado artigo de produção fique em lista de espera até ser utilizado no passo seguinte ou que se verifique falta de material.

Durante o desenvolvimento do Toyota Production System, Shingo identificou sete tipos de desperdício que a empresa teria de reduzir para começar a implementação de um sistema Lean. Estes desperdícios encontram-se descritos na tabela 1.

| nº | Tipo de desperdício      | Definição   |
|----|--------------------------|---|
| 1  | Sobreprodução            | Observado quando existe excesso de procura  |
| 2  | Tempo de espera          | Resulta das requisições do cliente, inventário ou produtos acabados que aguardam o início do processo seguinte.                                     |
| 3  | Transporte               | Desperdício que resulta do do movimento e tempo de transporte excessivo de materiais.   |
| 4  | Processamento            | Desperdício que resulta de etapas do processo de produção que não acrescenta valor ou que origina custos muito maiores do que o valor que é criado. |
| 5  | Inventário               | Consiste no excesso de inventário acima do nível que é realmente necessário.  |
| 6  | Actividade desnecessária | Desperdício de recursos humanos originado por execução de tarefas desnecessárias devido à falta de planeamento do trabalho.                         |
| 7  | Defeito de Produto       | Desperdício de capacidade, inventário e trabalho, resultante de produtos não conformes com as especificações do cliente.                            |

**Tabela 1 - Tipos de desperdício**

### **2.1.4-Aplicação do lean na indústria aeronáutica**

Desde o surgimento do TPS e do Lean management, a aeronáutica e outras indústrias de elevado nível de exigência industrial têm estado atentas ao desenvolvimento de ferramentas e técnicas que possibilitem melhorar a sua eficiência na gestão. No campo militar, a Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), desde o início da década de 90 e com o aumento da sua actividade no mundo inteiro, tem efectuado vários estudos na tentativa de otimizar a logística e as suas operações de manutenção, no sentido de aumentar a capacidade de resposta do sistema de armas mesmo em períodos de maior actividade. Desde então, várias organizações de defesa nacional de muitos países do mundo inteiro seguiram os seus passos.

No início da década de 90, foi também criada a Lean Advancement Initiative (LAI), um grupo ao qual pertencem empresas como a Lockheed Martin, a já referida USAF e o MIT (Massachusetts Institute of Technology). Este grupo já desenvolveu e deu formação sobre várias pesquisas, estudos e ferramentas de apoio às transformações com base no lean management com domínio no campo aeronáutico e aeroespacial, e actualmente apoia inclusivamente empresas em outros sectores de actividade.

Actualmente muitas empresas aeroespaciais apresentam problemas na sua cadeia logística que podem ser solucionados através de ferramentas lean, com vista a aumentar a produtividade e a melhorar a organização do trabalho. De seguida, são

apresentados alguns desperdícios que podem ser reduzidos e oportunidades de melhoria frequentemente encontrados neste sector empresarial:

- Fabrico de produtos que não têm procura no mercado;
- Tempo de reabastecimento de componentes demasiado longo;
- Tempo de layout de máquinas e ferramentas demasiado longo;
- Manutenção dos equipamentos pouco eficiente;
- Falhas devido ao fornecimento de material ser efectuado por vários fornecedores;
- Falta de incentivo à melhoria contínua;

## **2.2-Lean Production e Lean Manufacturing**

O Lean Production teve origem na metodologia utilizada pela Toyota de ligação dos componentes em linha na sua fábrica no Japão. Foi desenvolvido por Taiichi Ohno após o final da segunda guerra mundial e os seus princípios baseiam-se na eliminação de desperdício, melhoria na eficiência das tarefas dos trabalhadores, redução de inventário e na melhoria da produtividade. É conhecido também por Toyota Production System (TPS) e foi criado com base na fusão de vários métodos de fabrico utilizados na Ford e em outras empresas líderes no sector automóvel na segunda metade do séc. XX. O Lean Manufacturing, por sua vez, deriva do TPS e foca-se sobretudo na redução do tempo decorrido entre o momento em que o cliente encomenda um determinado produto e o momento em que esse produto lhe é entregue. No fundo, o que se pretende é aumentar a produção utilizando menos recursos, e procura-se atingir esse objectivo a partir da eliminação de desperdício, normalmente representado sob a forma de tempos de mudança e de espera do produto entre etapas de fabrico e outros elementos que atrasam o processo. Os princípios podem ser aplicados após a identificação da Cadeia de valor desde o início do fabrico até à entrega do produto ao cliente.

## **2.2.1-Mapeamento da Cadeia de Valor (MCV)**

Na década de 80, os engenheiros da Toyota Taiichi Ohno e Shigeo Shingo promoveram a eliminação de desperdício como forma de trazer vantagens competitivas no seio das organizações, com maior orientação para a produção no lugar da qualidade. As razões para a escolha deste critério baseiam-se com o facto de que a melhoria de produtividade serve como ponto de partida para a utilização de ferramentas lean, como o MCV, que ajudam a expor vários tipos de desperdício e problemas da qualidade existentes no sistema. Mais adiante neste trabalho, serão mostrados os sete tipos de desperdícios que podem ser encontrados numa organização.

O mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta de visualização do processo produtivo e uma das mais valiosas do Lean Management. Permite registar todas as actividades do processo e identificar o fluxo de materiais e de pessoas, com o objectivo de detectar e reduzir o desperdício e criar uma cadeia de valor contínua. Podem ser detectados pontos de melhoria (kaizen) no sistema e pode ser observado o fluxo de valor, que é composto pelo conjunto de acções (as que acrescentam valor e as que não acrescentam valor) que constituem todo o processo, desde o fornecimento do material até à sua utilização numa operação de manutenção, transporte, tempo de execução e pessoas envolvidas.

O “mapeamento da cadeia de valor actual” descreve o processo de trabalho da forma que ele existe actualmente, e é utilizado para identificar as necessidades de mudança e as oportunidades existentes em várias secções da organização. Por sua vez, o “mapeamento da cadeia de valor futura” retrata os avanços conseguidos no fluxo de produção através de procedimentos eficientes e de melhoria quantificada. A elaboração do mapeamento futuro exige ainda o conhecimento das melhores práticas relacionadas com os princípios lean de remoção de desperdícios.

### **2.2.1.1 - Sequência de mapeamento**

Existem várias metodologias para realizar o mapeamento da cadeia de valor, que embora tenham a mesma finalidade podem assumir ligeiras variações entre elas, que têm em conta o tipo de empresa e o produto que é concebido. Na BA5, o foco principal está na manutenção das aeronaves e é necessário criar uma cadeia de valor

em torno da mesma, pelo que será benéfico utilizar um modelo mais direccionado para a manutenção de equipamentos do que para a criação de um produto de linha de uma fábrica, por exemplo. O autor deste trabalho seguiu então um tipo de implementação para a manutenção baseado em três fases: Criação da estrutura, Mapeamento e Avaliação.



Figura 1 - As três fases do MCV

Este esquema foi personalizado e utilizado pelo autor a partir de um modelo simples direccionado para a manutenção. Em cada fase, existem uma série de passos que têm de ser executados pela pessoa que está a construir o MCV. Na estrutura estão incluídos todos os símbolos que vão ser necessários no passo seguinte. A segunda fase consiste em estabelecer um processo de mapeamento passo a passo, no qual vão ser colocadas as actividades de forma ordenada e construídas as ligações que correspondem aos procedimentos actuais efectuados pelos funcionários da manutenção. Cada passo tem que estar devidamente identificado. A última fase serve para avaliar as actividades que não acrescentam valor e calcular a eficiência do processo de manutenção, através de vários parâmetros que são mostrados a seguir.

### **2.2.1.2 - Parâmetros de avaliação das actividades**

A manutenção pode ser medida através de vários parâmetros que servem para separar o tempo útil, que é gerado em actividades que acrescentam valor ao processo, do tempo que não é útil, utilizado de forma ineficiente em actividades que não acrescentam valor.

O Mean Maintenance Lead Time (MMLT) é o intervalo de tempo entre o momento em que se reconhece a necessidade de manutenção de uma peça ou equipamento até ser

efectuado o procedimento de manutenção desse mesmo equipamento. O MMLT pode ser mensurado através da seguinte equação:

$$MTTL = MTTO + MTTR + MTTY$$

Em que:

- MTTO (Mean Time to Organize) é o tempo necessário para coordenar as tarefas para iniciar as acções de manutenção.
- MTTR (Mean Time to Repair) é o tempo necessário para reparar o equipamento até que este se encontre em condições de funcionamento.
- MTTY (Mean Time to Yeld) é o tempo necessário para entregar um componente reparável em boas condições de funcionamento.

Na fórmula de MMLT, a única tarefa que adiciona valor ao processo é a MTTR, uma vez que corresponde ao tempo útil que é gasto na reparação de um componente. Os outros dois parâmetros, o MTTO e o MTTY, correspondem a actividades que não acrescentam valor.

Pode ainda ser calculada a eficiência da manutenção, que é dada pela percentagem de MMLT e relaciona o tempo gasto a reparar o equipamento com o tempo total de manutenção do mesmo.

$$\text{Eficiência de Manutenção (em \%)} = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100$$

### **2.2.2-Eventos de melhoria (kaizen blitz)**

O kaizen blitz é uma metodologia de melhoria rápida baseada na criação de grupos de pessoas que se juntam para resolver problemas e procurar oportunidades de melhoria no interior de uma organização. Esse grupo de pessoas normalmente é constituído por auditores externos e pessoas ligadas a várias áreas da empresa, que identificam e melhoram determinados processos. A palavra kaizen tem origem na língua japonesa e significa “melhoria” e blitz vem da língua alemã e significa “luz”

ou “flash”, o que sugere a implementação de técnicas de melhoria lean quando a empresa mais necessita, ou seja, de forma rápida e em poucos dias.

### **2.2.2.1 - Noções gerais**

Os eventos de melhoria rápida são uma das soluções Lean que permitem criar num curto espaço de tempo um mecanismo que efectue mudanças radicais nas actividades e processos actuais de uma empresa. Os organizadores deste evento devem transmitir aos directores e aos funcionários os potenciais benefícios que um evento deste género poderá trazer à organização.

Um dos aspectos mais interessantes é a possibilidade de motivar a participação de toda a estrutura da empresa. Nenhuma pessoa pode ser criticada pelas suas ideias, independentemente da hierarquia onde se encontra na organização, e apenas são aceites discordâncias com o processo no qual essa pessoa está a trabalhar. O ponto principal do evento ocorre quando é necessário expor de forma realista e objectiva todos os desperdícios e ineficiências, e de uma maneira geral todos os elementos das respectivas equipas devem ser ouvidos e contribuir de forma honesta sem que sejam criticados. Além disso, todas as ideias são válidas, por mais que algumas pareçam completamente absurdas, uma vez que todos os participantes são encorajados a desenvolver ideias diferentes e criativas, e os outros intervenientes devem aceitá-la excluindo completamente a possibilidade de que a mesma é impossível de realizar.

### **2.2.2.2 - Plano de acção**

O evento geralmente tem a duração de 4 ou 5 dias. Tipicamente o primeiro dia é utilizado para os consultores que organizam o evento fazerem uma apresentação geral da ferramenta Lean e programarem juntamente com os responsáveis da empresa o plano de acção para os 4 dias seguintes. Ocorre uma primeira fase de observação e registo de dados, seguida pela definição de alternativas ao processo produtivo e apresentação diária dos resultados à empresa conforme o plano de acção efectuado. No final destes 4 dias, a situação deve parecer bem diferente daquela que estava no início da semana, com material e ferramentas devidamente arrumados e com a limpeza efectuada no local. Tudo o que resta posteriormente, além dos avanços na organização do processo, é o plano de melhoria deixado para a empresa,

que se compromete a manter e a melhorar os resultados no futuro próximo, com grande sentido de responsabilidade, e a motivar os seus funcionários para a melhoria contínua. Os responsáveis devem assegurar que é efectuada a revisão, consulta e ajuda à implementação nos dias posteriores ao evento.

“A regra geral do kaizen é utilizar o conhecimento de todas as pessoas para que se possa identificar e implementar melhoria de forma rápida e sem custos significativos”. (Askin & Goldberg 2002, p.90)

### **2.2.3-Ferramenta “6S”**

O Six Sigma (6S) permite mensurar o número de defeitos existentes num determinado processo e ajudar a eliminá-los de forma sistemática. A metodologia concentra-se sobretudo na prevenção de defeitos através de dados estatísticos e pode ser utilizada em qualquer tarefa, e não apenas nas que envolvem produtos.

#### **2.2.3.1 - Princípios do “6S”**

O 6S é uma ferramenta que teve origem no TPS e que permite identificar e controlar variações nos processos que mais afectam o desempenho de qualquer empresa. O seu objectivo é facilitar o fluxo do produto através da organização do espaço de trabalho, utilizando para isso metodologias de gestão da qualidade, ao mesmo tempo que elimina os desperdícios que vão sendo encontrados. Como se trata de uma ferramenta base para renovação de todo o espaço, funciona como ponto de partida para a implementação de uma cadeia Lean e baseia-se em seis conceitos que devem ser aplicados no local de trabalho:

Seiri < Separar: O material, ferramentas e todos os equipamentos que não são necessários devem ser separados dos restantes que se encontram no local de trabalho. Estes itens devem ser armazenados noutra local ou mesmo ser eliminados.

Seiton < Ordenar: O material e as ferramentas restantes que ficaram no local de trabalho devem ser organizados e colocados em pontos que permitam aos

trabalhadores efectuar o mínimo de deslocações. Além disso, o material deve estar sempre identificado e devidamente colocado no seu espaço.

Seiso < Limpar: Tal como o nome indica, o local de trabalho deve ser limpo e arrumado de forma regular, para que não existam obstáculos que possam comprometer a produtividade ou mesmo dificultar a detecção de problemas nos equipamentos.

Seiketsu < Normalizar: As acções levadas a cabo para organizar o espaço num determinado departamento devem ser repetidas nas restantes áreas da empresa, com indicações, procedimentos e arrumação do material semelhantes. Além disso ser levadas a cabo acções de limpeza e manutenção que permitam manter o mesmo estado de arrumação.

Shitsuke < Sustentar: Os novos métodos de trabalho que foram incutidos aos trabalhadores devem ser observados numa fase inicial, até que os mesmos se adaptem aos procedimentos e passem a executá-los de uma forma natural no seu dia a dia.

Safety < Segurança: Quando o local de trabalho é renovado, devem ser vistos aspectos que coloquem em causa a segurança e agir de forma a corrigi-los. Precauções contra incêndios, conforto e ergonomia dos postos de trabalho, protecções dos equipamentos e máquinas, preocupação ambiental e treino e simulação de situações de emergência são algumas situações a ter em conta para garantir a segurança de todos os trabalhadores da empresa.

### **2.2.3.2 - Benefícios para a organização**

Quando bem implementada, esta ferramenta pode trazer alguns benefícios à organização dos quais se destaca o mais importante, a diminuição do número de defeitos que podem chegar ao cliente. Outras vantagens incluem:

-Aumento da produtividade

-Melhoria na satisfação do cliente

-Redução de custos

-Melhoria do fluxo do processo

-Aumento da fiabilidade do produto

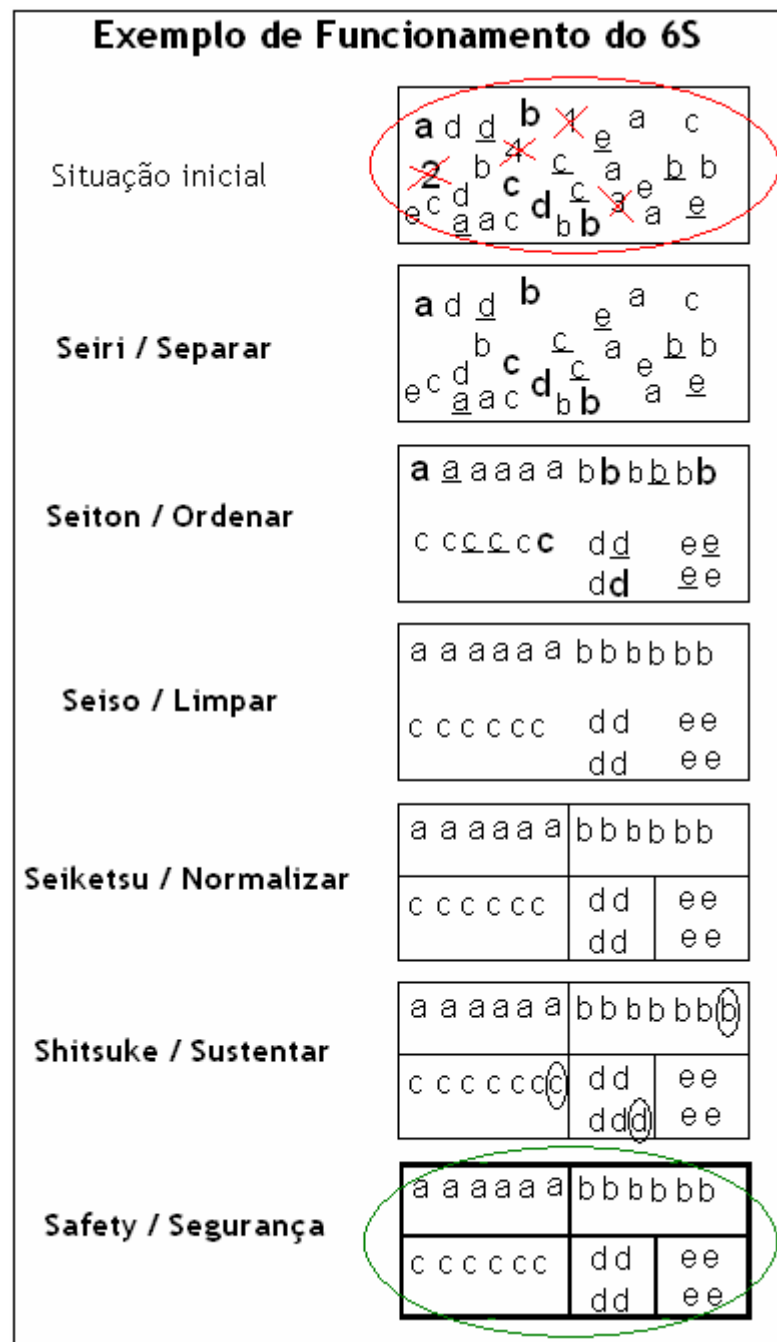


Figura 2 - Exemplo de funcionamento do 6S

### **2.2.3.3 - Áreas de aplicação**

A ferramenta 6S foi e continua a ser utilizada em grandes organizações, nas mais diversas áreas. Vários projectos foram efectuados em empresas petrolíferas, empresas de componentes electrónicos, indústria automóvel, fabrico de produtos químicos e instalações médicas, citando apenas alguns exemplos. Independentemente do tipo de organização utilizado em cada um dos mercados, todas estas empresas elas têm objectivos comuns, que passam pela melhoria da qualidade dos seus processos e pela diminuição de atrasos e erros e do desperdício resultante das suas actividades.

### **2.2.4-Gestão visual**

Devido à falta de comunicação entre os sectores existentes em algumas organizações, muitas vezes não existe uma ligação entre os objectivos colocados pela gestão do processo e a actividade existente no desenrolar do mesmo. Esta situação acontece sobretudo quando o planeamento é efectuado longe de quem trabalha directamente nas actividades da empresa, os funcionários. A gestão visual permite colmatar algumas dessas falhas de comunicação, através da consolidação de mensagens acerca da estratégia e dos objectivos da organização e fornecendo indicações consistentes sobre o que deve ser feito e por que razão deve ser feito.

São utilizadas ferramentas cujo funcionamento é baseado em ajudas visuais, tais como cartazes, sinais, ilustrações ou esquemas para focar a empresa em metas ou objectivos que têm de ser atingidos. Existe uma grande variedade de ferramentas que podem ser utilizadas, de formatos e propósitos diferentes, mas todas com a mesma finalidade, a de chamar a atenção das pessoas e de transmitir informação.

Esta metodologia foi utilizada durante vários anos em programas de produtividade e de segurança. Contudo, funciona de forma mais eficaz em áreas importantes do sistema lean, participando na eliminação de todos os tipos de desperdício. Além disso, permite obter um controlo mais fácil das tarefas e da forma como estas decorrem através da evidência de atrasos, erros de procedimento e as suas causas.

Algumas ferramentas comuns encontradas na BA5 e em outras organizações são bandeiras de várias cores para registar a falta de material, cartões de identificação do material e calendários de controlo de tarefas.

## **2.3-A Cadeia de Abastecimento**

A Cadeia de Abastecimento é uma rede global de empresas que é utilizada para entregar produtos e serviços desde que é fornecida a matéria-prima do fornecedor até ao utilizador final, utilizando um complexo fluxo de informação e distribuição física de materiais. Desta forma, existe uma cadeia física entre o produtor e o consumidor final juntamente com uma cadeia paralela de troca de informação, que pode influenciar as decisões nas actividades envolvidas e afectar o seu desempenho.

### **2.3.1-Gestão da Cadeia de Abastecimento**

A gestão da cadeia de abastecimento é a responsável pela coordenação de produção, inventário, localização e transporte através de todos os intervenientes da cadeia de abastecimento. Pode ainda assumir outras funções alternativas como o marketing, desenvolvimento de novos produtos, finanças e serviço ao cliente. No entanto estas actividades não fazem parte do trabalho necessário para satisfazer as encomendas, pois não estão directamente envolvidas no processo. A gestão vê por isso a Cadeia de Abastecimento e as empresas que nela participam como se fosse um único sistema, onde é necessário coordenar o fluxo de produtos e serviços e controlar todas as actividades que nele se encontram.

Os desafios colocados à gestão variam de acordo com a complexidade deste sistema. Assim, os requisitos necessários para controlar o funcionamento de uma Cadeia de Abastecimento com poucos clientes são diferentes de outra cadeia com níveis elevados de entregas de produtos e/ou serviços. Neste último caso, normalmente a quantidade de produtos acabados em stock é elevada, mas no entanto um dos requisitos para manter a eficiência de operação é a redução de todo o stock. Cria-se então um paralelismo entre a procura elevada de materiais/serviços e a eficiência no

processo de cada organização, que tem de ser balanceada de forma a ser criado valor tanto para o cliente como para a empresa. Por outro lado, se considerarmos a eficiência de toda a Cadeia de Abastecimento, podem ser melhorados tanto a qualidade de serviço ao cliente como a eficiência interna de operação em cada companhia que pertence ao grupo. A eficiência de operação pode ser medida através do retorno do investimento em material e da redução de despesas de operação, enquanto a qualidade de serviço aos clientes pode ser medida através de taxas de requisições completas, de entregas no tempo pedido pelo cliente e do número de devoluções de produtos devido a não conformidades.

Segundo Chopra e Meidl, existem ainda cinco áreas onde as empresas podem efectuar decisões e melhorar o funcionamento, que vão definir o seu contributo para a Cadeia de Abastecimento: Produção, Armazenamento, Localização, Transporte e Informação.

### **2.3.2-Medidas de performance da Cadeia de Abastecimento**

Segundo Krajewski & Ritzman (2002), pode ser efectuada uma avaliação da performance na cadeia de abastecimento de uma organização com base nos seguintes critérios:

Tempo de abastecimento (Lead time): É o tempo decorrido entre o momento em que é efectuada uma encomenda de um produto por parte de um cliente e o momento que esse produto lhe é entregue.

Custos de processamento: correspondem ao conjunto total de custos associados ao produto (custos de fabrico, transporte, armazenamento, etc.)

Capacidade: neste critério estão incluídas a capacidade de transporte (quantidade de material que pode ser entregue ao cliente em cada encomenda) e a capacidade de produção.

Qualidade: Relaciona-se com a procura de “zero defeitos” na cadeia de abastecimento, o estabelecimento de melhoria contínua, a procura pela excelência por parte de todos os colaboradores no processo e o cumprimento das especificações pedidas pelo cliente.

Distribuição: pode ser avaliada através de três indicadores: velocidade de entrega do produto, tempo de abastecimento na produção e fiabilidade de transporte na entrega.

Flexibilidade: Chopra & Meindl (2004) estabeleceram que a flexibilidade pode ter quatro dimensões:

- Flexibilidade de serviço ao cliente: Baseia-se na capacidade de a empresa responder a todos os pedidos do cliente, incluindo entregas especiais ou urgentes de um determinado produto.

- Flexibilidade de encomenda: capacidade de fazer ajustamentos no tamanho, volume e composição das encomendas durante as operações logísticas.

- Flexibilidade de localização: quando é possível transportar os produtos para o cliente a partir de instalações alternativas da empresa próximas do local onde é efectuada a entrega.

- Flexibilidade no tempo de entrega: capacidade de variar o tempo de entrega dos produtos de acordo com as necessidades de cada cliente.

### **2.3.3-Logística na Cadeia de Abastecimento militar**

A procura pelas actividades de logística é cada vez maior, devido não só a um aumento no nível de complexidade das operações mas também para fazer face aos novos desafios a que são submetidas as organizações actualmente. Dependendo da forma como são definidas e da importância que têm, estas actividades podem muitas vezes determinar o sucesso ou insucesso de uma empresa.

A logística na cadeia de abastecimento militar é responsável fundamentalmente pelo planeamento do material utilizado, da manutenção e da distribuição na cadeia de abastecimento. Na Força Aérea, as principais funções da logística são a consultoria, identificação e estudo dos recursos necessários para garantir que o Sistema de Armas é o mais eficiente possível em qualquer operação de combate, bem como a gestão dos equipamentos para que estejam disponíveis em qualquer missão. Existem ainda outras tarefas como resolução de questões logísticas junto do cliente e controlo

sobre toda a informação em torno do processo, gestão de normas, procedimentos e requisitos de funcionamento e avaliações à cadeia de abastecimento para verificar se existem oportunidades de melhoria. As vantagens de um bom planeamento são um maior controlo do fluxo dos produtos utilizados, maior eficiência no seu armazenamento e, sobretudo, a capacidade desse produto satisfazer as necessidades do cliente, desde o ponto de partida até ao momento em que se encontra no mercado.

No que diz respeito à logística de fornecimento de material na Cadeia de Abastecimento, é necessário ter em conta a importância da redução do tempo de entrega desde o armazém até às secções de manutenção. Se o tempo for diminuído, a quantidade de material necessária em stock e os custos de armazenamento são menores, e assim é acrescentado valor a toda a Cadeia de Abastecimento.

## **2.4-Sistema kanban**

O Sistema kanban surgiu por volta de metade do séc. XX para responder à necessidade de reconstrução da economia japonesa, caracterizada então pela mão-de-obra pouco qualificada, fraca produtividade e uma rede de transportes ineficiente que bloqueava o desenvolvimento empresarial. Foi desenvolvido e implementado por Ohno nas instalações da Toyota e o seu objectivo principal era controlar o fluxo de peças e eliminar as perdas de tempo existentes entre mudanças de equipamento no interior da fábrica. Os resultados obtidos foram a melhoria da produtividade, o maior envolvimento da mão-de-obra no processo produtivo e a redução de desperdícios. Mais tarde esta técnica foi aplicada também a fornecedores e distribuidores da empresa.

A palavra kanban tem origem japonesa e significa “cartão” ou “sinal”, uma vez que o sistema era utilizado para sinalizar o início e a paragem de produção entre etapas do fabrico, de forma a não se criarem listas de espera de produtos fabricados ou a existirem faltas de material.

## 2.4.1-Conceito geral

Um dos princípios mais importantes do kanban é a limitação do stock existente, seja na linha de produção de uma fábrica ou numa oficina de manutenção, utilizando para isso um determinado número de cartões. Os cartões kanban são colocados em pequenas caixas, cada um junto do material respectivo, e permitem estabelecer um controlo visual da informação através do número de identificação no armazém, o código do artigo e a sua quantidade exacta, entre outros aspectos. O seu objectivo é sinalizar o consumo das peças e dar indicação sobre a quantidade consumida à pessoa responsável pela reposição do material, que sabe em que altura deverá efectuar de novo o abastecimento do kanban. O material consumido vai ser repostado quando for efectuado um novo turno de entrega, e sempre pela ordem em que foram retirados os cartões.

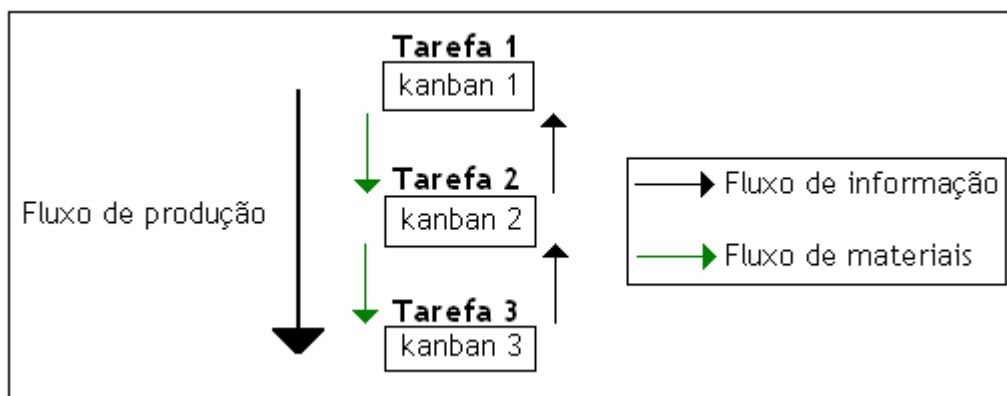


Figura 3 - Fluxo de produção, informação e materiais no sistema kanban

O método de reposição efectuado por rotinas ou turnos é bastante similar ao utilizado em secções de superfícies comerciais como lojas ou supermercados, com a excepção de existir um maior controlo no tempo de transporte e de reposição quando se trata de uma empresa de produção ou de manutenção.

Tendo em conta apenas as organizações de serviços de manutenção, o kanban actua de forma a fornecer material suficiente independentemente no número de avarias aumentar ou diminuir num determinado período. A quantidade total de material no

kanban é sempre a mesma, exceptuando a eventualidade de existir de forma súbita um grande aumento ou diminuição da procura. Nesse caso pode ser necessário rever e recalcular o número de kanbans disponíveis junto da manutenção

O tipo de kanban mais utilizado em processos de manutenção é o kanban de sinal. É utilizado um cartão único que identifica a quantidade total e a quantidade mínima que tem de ser reposta. O cartão pode ser colocado a meio do kanban, que vai ser assim dividido em duas partes, e quantidade de material vai ser a mesma em cada uma delas. A soma dessas duas partes corresponde à quantidade total do kanban, enquanto que a primeira parte que é consumida corresponde ao nível mínimo de reposição. Assim, quando o kanban tiver atingido metade do consumo, o cartão é retirado e a outra metade pode ser consumida até ser efectuado o abastecimento.

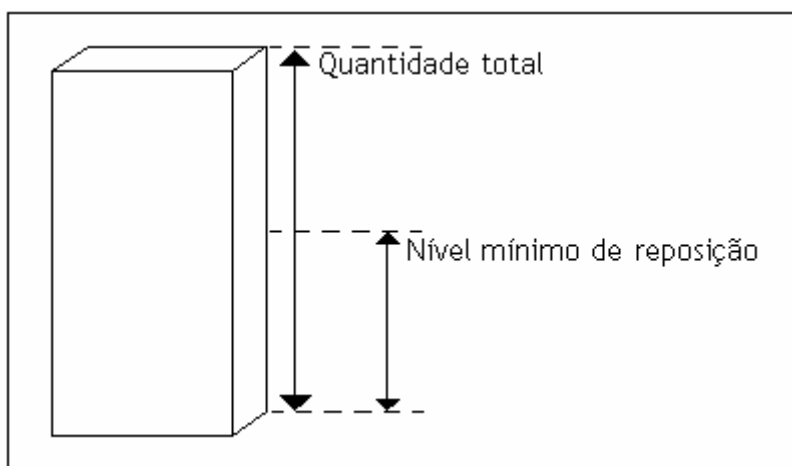


Figura 4 - Esquema do kanban de sinal utilizado na manutenção

Existem ainda algumas regras fundamentais para o correcto funcionamento do Sistema kanban:

- Em cada posto de operação deve ser retirado apenas a quantidade necessária de cada artigo e apenas no momento em que é utilizado.
- O número total de kanbans deve ser minimizado ao longo do tempo, de acordo com os princípios de melhoria contínua que serão indicados mais adiante neste trabalho.

- O Sistema kanban deve ser auto-ajustável e capaz de absorver pequenas variações na procura. Esta regra apenas é válida quando existe uma reposição regular e periódica do material que é consumido.

## **2.4.2-Determinação do número de kanbans**

A quantidade de cartões kanban tem um papel fundamental no funcionamento do sistema, com varias vantagens e desvantagens. Assim, um número elevado de cartões contribui para a redução de falhas no abastecimento, mas está associado a níveis de stock elevados. Por outro lado, o número reduzido de cartões kanban permite ter um nível de stock baixo mas aumenta a possibilidade de ocorrerem falhas e atrasos no abastecimento.

No entanto, Monden (1984) defende que o número de cartões kanban deve ser continuamente reduzido, ideia também reforçada no livro “The productivity press development team” (2002), que aponta como objectivo final do sistema o conceito “zero kanban”. Segundo o livro, a meta corresponde a eliminar todos os níveis de stock de menor dimensão ao longo do processo, o que implica a utilização de um único fornecedor capaz de satisfazer continuamente a procura de todos os artigos. Esta situação permite assim alcançar um fluxo contínuo, com foco principal na aeronave e nas suas necessidades de manutenção.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), o cálculo do número de kanbans deve ser efectuado de forma prioritária sempre que se pretende implementar um sistema deste tipo. Para isso, em primeiro lugar é determinado o tipo de recipiente necessário para acomodar o material, de acordo com as dimensões e a quantidade de itens que se pretende. Com base nos resultados práticos, são consideradas variáveis como o peso, tamanho, forma, velocidade de consumo e outras associadas aos critérios pedidos por cada secção no processo. Uma vez escolhido o recipiente, é importante existir uniformidade em toda a organização, isto é, o recipiente para um determinado material e as quantidades devem ser sempre os mesmos.

O próximo passo consiste em determinar quantos recipientes de cada produto vão ser necessários para satisfazer as necessidades do cliente. Assim que se der início à utilização dos kanbans, esta quantidade vai estar associada ao stock máximo de

material que pode ser mantido. Assim, quando os recipientes estiverem cheios, não é necessário efectuar o abastecimento de material mas deve ser vista a condição do kanban, se os cartões se encontram no local correcto, se está correctamente identificado, entre outras medidas que servem para manter o fluxo de informação. Por outro lado, se existir falta de material, deve existir sinalização no kanban que indique esse facto, através de bandeiras de cores diferentes que identificam a urgência do abastecimento.

O número de kanbans pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{n}^{\circ} \text{ de kanbans} = \frac{\text{procura} \times \left( \frac{\text{tempo de reabastecimento}}{\text{quantidade média dos recipientes}} + \text{margem de segurança} \right)}{\text{quantidade média dos recipientes}}$$

Procura - pode ser definida em número de itens por dia, semana ou mês

Tempo de reabastecimento - corresponde ao tempo total de recolha dos cartões kanban, transporte e entrega, ou seja, é o período entre o momento em que é sinalizada a necessidade de material até ao momento em que o kanban é repostado.

margem de segurança - pode ser calculada a partir de dados estatísticos de consumo e é utilizada para absorver variações na procura do material.

Quantidade média dos recipientes - é obtida a partir do número total de kanbans e da quantidade total de artigos que está presente nos kanbans.

## **2.5- O Glenday Sieve**

Quando se pretende implementar um fluxo contínuo de serviços numa organização, por vezes é necessária uma ferramenta para ajudar a colocar em prática os conceitos teóricos de melhoria de fluxo e de fluxo perfeito de produção. Este passo é importante na medida em que permite trabalhar com dados concretos da empresa, como o volume de produtos produzidos numa fábrica ou o volume de procedimentos e tarefas efectuadas numa unidade de manutenção, e permite também efectuar uma separação física dos processos que são utilizados de forma mais frequente, para que seja possível melhorar individualmente cada um deles.

### **2.5.1-Descrição e funcionamento**

O Glenday Sieve é uma ferramenta de análise de dados que separa os produtos em quatro grupos, baseando-se em critérios como o seu volume de vendas ou, numa outra abordagem, no valor que lhes é atribuído. Com ela, é possível escolher os produtos que vão ser utilizados na criação do primeiro modelo lean, que são aqueles que correspondem ao maior volume de vendas. O seu método de utilização é adequado para empresas que fabricam os seus produtos ou efectuam tarefas de manutenção e outros serviços de forma repetitiva (neste caso são utilizados critérios como o volume de ocorrências ou volume de tarefas de manutenção, p.e.), não sendo no entanto recomendado para produção não repetitiva e com grande variedade de produtos.

Os dados obtidos, ordenados por volume de vendas ou outros critérios, por ordem descendente, são divididos em quatro grupos ou categorias com uma cor cada. O esquema de cores utilizado é descrito de seguida.

## 2.5.2-Categorias de produtos

### Produtos de categoria verde

Os produtos de categoria verde correspondem aos itens de maior volume (50% dos itens totais) e àqueles que são utilizados de forma mais frequente. Este grupo vai ser o foco principal nas primeiras actividades de melhoria, uma vez que é com estes produtos que se pode obter maior benefício nesta análise. O objectivo é criar um ciclo com sequências e volumes fixos para esta categoria e reduzir as deslocações de pessoas e material ao longo do processo, tornando-o assim mais eficiente.

Inicialmente, vai ser criado um diagrama de processo, conhecido como “diagrama de esparguete”, descrito mais adiante neste capítulo. Depois de construído o diagrama, vai ser feito o mapeamento da cadeia de valor actual, que mostra as actividades que acrescentam valor e as que não acrescentam valor, e que vai revelar oportunidades de melhoria no processo de manutenção que podem ser introduzidas no futuro.

### Produtos de categoria amarela

Estes produtos são aqueles em que existem barreiras que impedem a criação de um ciclo de repetição. Esses obstáculos podem ser tempos de espera entre locais de manutenção, número excessivo de mecânicos na mesma tarefa ou indisponibilidade de ferramentas de manutenção. No entanto, existem oportunidades de melhoria para remover alguns desses obstáculos que podem ser estudadas, através de várias técnicas e ferramentas lean como o 6S ou o Standard Work.

Com actividades de melhoria nesta categoria de produtos é possível criar ciclos de sequência e volumes fixos, de modo a que alguns deles possam integrar a categoria verde.

### Produtos de categoria azul

Este tipo de produtos são os que acrescentam complexidade ao processo e não acrescentam valor ao consumidor. Reduzindo essa complexidade, é possível diminuir

a possibilidade de se cometerem erros e evitar que grandes encomendas de artigos sejam feitas ao armazém, utilizados quase exclusivamente em casos de emergência.

### Produtos de categoria vermelha

Estes produtos estão tipicamente incluídos numa percentagem muito pequena do volume total. Existem algumas opções a tomar, e uma delas passa por simplesmente deixar de utilizar os produtos. No entanto, esta decisão não pode ser tomada sem analisar vários aspectos, entre os quais o valor que representa para o cliente e o valor para a organização.

No caso do cliente, o mais fácil é perguntar directamente qual o valor do produto e não ter em conta os dados estatísticos de vendas ou outros registos. Para a organização, é necessário comparar benefício que eles trazem para a mesma e o custo que acarretam. Deve-se ter em conta que os custos reais destes produtos para a empresa são muito maiores do que o custo do próprio produto, e só reduzindo os custos de operação ou aumentando o custo do produto é possível dar valor ao cliente e ao mesmo tempo obter lucro na empresa.

## 2.6-Diagrama de esparguete

O diagrama de esparguete é uma ferramenta que permite estabelecer um layout óptimo para um departamento, baseado em observações das distâncias percorridas pelos funcionários ou pelo material. A sua implementação é realizada em torno das localizações físicas onde ocorre fluxo do sistema, com o objectivo de reduzir os desperdícios do processo através da eliminação de transporte de material e informação desnecessária. São assim colocados à vista layouts ineficientes e identificadas distâncias demasiado grandes entre procedimentos chave.

Em primeiro lugar inicia-se a tarefa desenhando um diagrama do plano estrutural dos edifícios onde o material é movido. De seguida, desenham-se no mapa as linhas que identificam o caminho percorrido actualmente pelos funcionários e pelo material quando ocorre uma avaria. O próximo passo consiste em redesenhar o processo no

mesmo mapa, como ponto de início para redesenhar um novo diagrama de esparguete com o percurso ideal. Durante a sua elaboração podem ainda ser efectuados cálculos da Distância Total Percorrida (DTP) e também estimado o tempo que o funcionário ou produto demoram a percorrer o trajecto.

Esta ferramenta é particularmente útil para identificar áreas onde pode ser poupado tempo que anteriormente era utilizado na deslocação de produtos. A ideia é reduzir os intervalos de tempo (tempo de espera) entre os locais onde a procura é satisfeita. Este tempo pode ser utilizado de forma diferente e assim ajudar a reduzir os atrasos e a melhorar a rapidez de entrega do material desde o momento em que sai do armazém até chegar ao kanban respectivo.

## **2.7-Melhoria Contínua/”kaizen”**

A palavra “kaizen” tem origem japonesa e significa melhoria contínua ou gradual. Esta é mais uma importante ferramenta desenvolvida pela Toyota e faz parte dos princípios que sustentam o lean management. O objectivo é melhorar dia após dia, e todos os dias devem ser implementadas transformações no processo que ajudem a empresa a evoluir. A participação de todos os funcionários é fundamental, pois as alterações começam com a ambição e motivação de cada um em otimizar os próprios métodos de trabalho, o que contribui não só para a melhoria do desempenho individual mas também para uma boa organização colectiva.

Podem ainda ser definidas tarefas que devem ser executadas nos diferentes sectores:

-Gestão: melhorar a qualidade em questões estratégicas e de logística directamente ligadas ao processo.

-Equipamentos: alterar a disposição dos equipamentos e ferramentas de forma a otimizar o seu desempenho, aumentar a eficiência do processo e reduzir layouts.

-Funcionários da produção: organizar vários grupos de trabalho para incentivar a troca de ideias e sugestões acerca do local de produção, desde a limpeza e organização do espaço até à realização de novos procedimentos.

“Uma implementação kaizen típica envolve uma equipa multidisciplinar de técnicos, gestores, engenheiros e trabalhadores de linha que se reúnem durante um número de dias para se focarem na melhoria de uma área da empresa”. (Askin & Goldberg 2002, p.89)

## **2.8-O Sistema de Armas da FAP**

### **2.8.1-Organização do Sistema de Armas**

Os sistemas de armas da Força Aérea Portuguesa têm características organizacionais e funcionais muito próprias, diferentes de qualquer outro ramo do sistema de forças nacional. Entre as mais importantes importa salientar a centralização do comando e controlo e a descentralização da execução, bem como a relevância da organização funcional. Os seus meios utilizam especialmente a velocidade, a mobilidade, o alcance e a flexibilidade de emprego, seja em operações com meios exclusivos ou operações conjuntas ou combinadas.

### **2.8.2- O F-16**

O Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon é hoje uma das aeronaves mais utilizadas pelas Nações do mundo inteiro. Em Portugal, a FAP tem na sua frota 20 F-16, que estão atribuídos à Esq. 201 “Falcões” da Base Aérea de Monte Real - BA5. Considerado actualmente um dos melhores aviões para o combate aéreo e para o ataque ao solo, destaca-se pela sua manobrabilidade, facilidade de manutenção e baixo custo de operacionalidade.



Figura 5 - A aeronave F-16

A Força Aérea Portuguesa opera o caça F-16 Fighting Falcon desde 1994, que veio na altura substituir o A7 Corsair, uma aeronave que foi muito fustigada por acidentes e de características muito diferentes do novo aparelho. Portugal adquiriu 20 aeronaves para a sua esquadra, 17 F-16<sup>a</sup> OCU e 3 F-16B OCU (versão monolugar e versão bilugar, respectivamente) pelo programa Peace Atlantis I (PA I). Com a chegada deste novo aparelho, que provocou uma revolução em termos de operação e de manutenção existente no país até então, a Força Aérea voltou a dispor de uma aeronave capaz de efectuar eficientemente a defesa aérea, e ao mesmo tempo dotada de meios tecnológicos que facilitavam essa missão.

#### Actualizações feitas aos F-16

Em Setembro de 2003, chegou à BA5 a primeira aeronave modernizada com novos equipamentos (MLU), o F-16 AM MLU. O F-16MLU, embora exteriormente seja muito semelhante ao F-16 OCU, sofreu várias alterações significativas como a introdução de um conjunto de novos equipamentos e do respectivo software integrado. Estes novos dispositivos vieram trazer à aeronave novas capacidades e viabilizar a sua utilização em qualquer cenário de combate. De Seguida, são indicados os novos componentes instalados.

- Redesenho do cockpit e da interface piloto-máquina
- Radar com melhores capacidades no emprego ar-ar e ar-solo
- Computador de Voo sofisticado, com actualização do software de combate
- Identificador electrónico de aeronaves
- Incorporação de capacidade de comunicação criptográfica
- Incorporação de GPS
- Incorporação de Data Modem e Link16
- Capacidade de utilização de Night Vision Goggles (NVG) e de Helmet Mounted Sight
- Incorporação de sistemas de auto-protecção integrados



## **3-Descrição e avaliação do processo de logística e manutenção**

Este capítulo serve não apenas para expor os principais conceitos que envolvem uma implementação lean mas também para motivar a necessidade de os militares na BA5 adquirirem uma nova filosofia de trabalho face à identificação e exposição de alguns problemas existentes na Cadeia de Abastecimento e na distribuição de material para os kanbans, principalmente nas secções de electricidade e aviónica. Em primeiro lugar é feita uma apresentação do trabalho efectuado nas esquadrilhas, das secções de manutenção existentes e no abastecimento, com ênfase na importância que cada uma das estruturas tem no processo. De seguida é mostrada uma visão geral da organização da manutenção no interior da BA5, com os três tipos de manutenção existentes, o registo das falhas detectadas na organização da manutenção, com foco principal no processo de entrega e devolução do material reparável, falhas na recolha de material de tecnologia obsoleta e a ligação ineficiente das secções com o abastecimento. É ainda descrito neste capítulo o modo como são efectuadas as inspecções de fase e como funciona o registo das obras de manutenção e do material.

### **3.1-A Cadeia Logística do F-16**

A rede de suporte do F-16 na BA5 faz parte de um sistema composto por dois grupos principais, manutenção e logística, cada um com um papel fundamental na distribuição de recursos e serviços que visam manter a aeronave em condições óptimas de aeronavegabilidade e assegurar uma capacidade de resposta imediata. A EMMEE é uma das várias esquadras responsáveis pela manutenção do F-16 e o seu objectivo é reparar e manter os equipamentos de Controlo de voo, Instrumentação, Comunicações, Electrónica e Electricidade de modo a que estes se encontrem em perfeitas condições de operacionalidade.

A gestão do Sistema de Armas reconhece que, devido ao nível de operações que é executado actualmente e à exigência de preparação para os desafios que vão surgindo, é necessário melhorar de forma contínua a gestão e distribuição de todos os recursos no interior da BA5. Para que seja possível haver melhoria, é necessário perceber quais são os requisitos para poder evoluir. Em primeiro lugar, um bom conhecimento dos processos e sistemas utilizados na empresa é fundamental, assim como os seus benefícios e limitações. Segundo, é preciso conhecer bem os novos ou diferentes processos “alternativos” que podem ser aplicados, assim como as vantagens e desvantagens de cada um. Por último, mas não menos importante, a melhoria requer uma visão de como se podem adaptar os processos ao trabalho existente na empresa, e como efectuar a implementação do novo processo de forma a colher mais benefícios.

### **3.1.1-Esquadilha de Manutenção Electroaviónica (EMEA)**

Os militares nesta secção são responsáveis pela manutenção de cablagens, circuitos e de equipamentos mais complexos como rádios, antenas de navegação, sensores, entre outros. Os trabalhos de manutenção junto da aeronave são realizados por mecânicos e mecânicos auxiliares, que efectuem tarefas de verificação e detecção de anomalias reportadas pelo piloto, reparações na aeronave remoção de componentes e substituição de peças, enquanto nas subdivisões existentes outros militares especializados e com reconhecida experiência nas diferentes subunidades de manutenção efectuem substituições de material, ajustamentos nos equipamentos e a gestão de operações dos mecânicos.

-Subunidade de Comunicações / Navegação / Guerra Electrónica

O F-16 está equipado com um Sistema de guerra electrónica onde estão incluídos um receptor de aviso de radar, que alerta o piloto no caso de a aeronave ter sido detectada por outro radar inimigo, e com o jammer, que transmite sinais electrónicos para despistar os radares inimigos. Além disso, está também equipado com rádios UHF (Ultra High Frequency Radio Control), VHF (Very High Frequency

rádio Cotrol) e ATD (Advanced Threat Display). Estes são apenas alguns dos equipamentos que devem ser geridos nesta subsecção, que é responsável pela sua manutenção, condição operacional e remoção/instalação da aeronave em caso de avaria. Devido à complexidade técnica dos componentes que fazem parte deste sistema, a detecção de falhas deve ser primeiro efectuada por um equipamento built-in (BITE) do próprio sistema, próximo da aeronave, e posteriormente a um nível mais avançado na Oficina Intermédia de Aviónica (AIS). Existem três níveis de manutenção para estes equipamentos: o nível organizacional e o nível intermédio, em que a manutenção é efectuada junto da aeronave quando o equipamento não é retirado e no AIS, respectivamente, e por último o nível depot, quando os equipamentos não podem ser reparados da AIS por ser necessária uma análise mais detalhada para detecção de alguma anomalia que possa ter ocorrido durante o voo. Estes três níveis são utilizados de uma forma global por quase todos os equipamentos em manutenção na BA5 e vão ser descritos mais adiante na organização da manutenção.

#### -Subunidade de Aviónicos e Sensores

Os militares colocados nesta subunidade são responsáveis por remover, instalar, operar e manter equipamentos como o TGP (Targeting Pod), o AVTR (Airbone Vídeo Tape Recorder), a antena FCR (Fire Control Radar Antenna), entre outros. O objectivo é o de detectar e corrigir as anomalias que afectam o funcionamento destes equipamentos junto da aeronave e de efectuar testes de funcionamento através da simulação na AIS das variáveis por computador e das condições encontradas durante o voo. Tal como em outras secções, a manutenção é feita com base na documentação técnica e no cumprimento das normas vigentes, tendo em conta também as normas de segurança e assegurando que o impacto ambiental se encontra controlado.

#### -Subunidade de Electricidade

Neste sector são efectuados testes e substituição de baterias, substituição de cablagens e lâmpadas, reparação de painéis de iluminação, entre outros.

-Subunidade de Comandos de Voo

A subunidade de comandos de voo é responsável pela manutenção e gestão de vários equipamentos, entre os quais o FLCS (Flight Control System) e o CADC (Central Air Data Computer).

Os militares que exercem funções nestas subunidades são os chefes de cada secção, os mecânicos e os mecânicos e técnicos auxiliares.

A EMEA tem ainda outras responsabilidades ao nível da manutenção, como as Inspeções de Fase que ocorrem a cada 300 horas de voo, que vão ser explicadas mais adiante, o cumprimento de TCTO's e a substituição de equipamentos que atingem o limite potencial.

### **3.1.2-Oficina de Manutenção Intermédia de Aviónicos (AIS)**

A AIS é o local onde é efectuada a manutenção de nível intermédio dos equipamentos de electricidade e aviónica e trabalha essencialmente com LRU's (Line Replaceable Units) e circuitos eléctricos. Os componentes que não podem ser reparados junto da aeronave são levados para esta oficina para, posteriormente, os especialistas que lá se encontram efectuarem testes de detecção de anomalias e de capacidade dos equipamentos. As reparações necessárias são feitas de acordo com os manuais técnicos do F-16 MLU. A Backshop de aviónicos recebe e diagnostica um grande conjunto de equipamentos utilizados na aeronave. Nesta oficina, é exigida uma grande capacidade técnica dos militares que efectuam as reparações, o que não parece ser um problema uma vez que a maioria já tem experiência considerável na área. Nas estações de teste de aviónicos, são simulados os sinais e estímulos que o F-16 recebe durante o voo e testa-se o equipamento sob essas condições. Desta forma, é feito um diagnóstico e tenta-se recriar o erro detectado durante o voo, para depois se proceder à reparação. Se um equipamento for declarado "não reparável" no AIS, segue para o IAIS ou para uma empresa contratada pela FAP para efectuar manutenção depot. A BA5 tem equipamentos e capacidade para efectuar alguma manutenção Depot no IAIS, uma espécie de "extensão" do edifício do AIS, uma vez que ambas as instalações ficam muito próximas uma da outra. O IAIS (Improved

Avionics Intermediate Shop) é uma oficina especializada equipada com tecnologia recente de simulação e teste em componentes críticos da aeronave, como computadores de bordo e sistemas de navegação. A sala tem controlo de temperatura e humidade, um requisito obrigatório quando se trabalha com circuitos electrónicos expostos dos equipamentos da aeronave, que normalmente são caros e de grande complexidade. Além disso, a limpeza do local deve ser eficaz e efectuada regularmente, uma vez que qualquer partícula de sujidade nestes circuitos pode representar uma ameaça ao seu funcionamento. Esta oficina fica situada num local próximo das quatro subunidades e do hangar de manutenção, o que representa uma vantagem no que diz respeito à entrega e devolução de equipamentos para reparação, possibilitando maior capacidade de resposta e uma melhor percepção das necessidades de manutenção, dada a proximidade com o local de operações. Além disso, poderá vir a ser um factor benéfico na redução do tempo de operações caso seja estabelecido um fluxo contínuo de valor entre os diferentes níveis de manutenção. Quando é removido um equipamento da aeronave que necessita de reparação, um dos mecânicos fica encarregue de o transportar até ao LMA (Stock intermédio de material situado numa das salas do hangar de manutenção) e de o colocar na bancada dos reparáveis (LRU's) que aguardam manutenção intermédia, devidamente identificados com a etiqueta de reparação. A recolha dos LRU's é feita diariamente por um técnico do AIS, e os equipamentos ficam em lista de espera até chegar a vez de serem reparados. Assim que a avaria estiver resolvida, é efectuada uma inspecção ao componente para confirmar que este se encontra a funcionar correctamente, antes de o mecânico o instalar finalmente na aeronave. Existem ainda alguns equipamentos semi-novos no AIS, que se encontram em bom estado de conservação, que foram removidos de algumas aeronaves no processo de upgrade tecnológico e que podem ser utilizados como material de substituição em aeronaves que ainda não tiveram essa renovação.

São utilizadas estações de testes diferentes de acordo com os equipamentos do F-16:

- Teste de Computador/Inércia
- Teste de displays e instrumentos
- Testes de frequência de rádio (RF)

Todas estas estações de testes estão ligadas a computadores que utilizam programas para detecção de avarias. Esses programas simulam as condições de voo da aeronave e enviam impulsos eléctricos ao componente, enquanto um dos técnicos presente na oficina monitoriza o procedimento e analisa os resultados.

### **3.1.3-O armazém de material**

O abastecimento de todos os stocks existentes nos sectores de manutenção na BA5 é efectuado a partir de um único local, o armazém de material. Nele encontra-se praticamente todo o tipo de material que pode ser necessário em qualquer momento nas acções de manutenção do F-16. É dividido fisicamente por várias zonas, e cada uma delas tem um propósito específico. A zona principal do armazém, que contém a maior quantidade e variedade de linhas de artigo, é o local onde se situa a porta principal de entrada dos veículos de transporte de material. A partir daqui é feito o acesso a todas as salas no interior do armazém, incluindo as salas de gestão e logística de abastecimento da BA5. Como já foi referido neste trabalho, algum do material de substituição das aeronaves não pode ser reparado nas instalações da BA5, uma vez que não existem recursos necessários para a sua manutenção ou a utilização destes seria demasiado dispendiosa. Assim, opta-se por enviar estes artigos a entidades externas à FAP, entre as quais as Oficinas Gerais de Manutenção Aeronáutica (OGMA). No armazém encontram-se locais de entrega de material para manutenção depot e preparado para deixar a BA5. Além disso existe ainda uma sala climatizada especialmente concebida para armazenamento de material avónico e um local onde se encontram os kits de missões, compostos por material de substituição crítico para o funcionamento de vários sistemas do F-16 e pronto a ser transportado em missões futuras da FAP. Por último, alguns artigos usados/obsoletos que não têm aplicação nos F-16 estão devidamente arrumados no armazém. Muitos desses artigos são componentes OCU, que deixaram de ser utilizados depois da transformação ocorrida das aeronaves para MLU. Se a FAP autorizar e o material se encontrar em bom estado de conservação, pode ser vendido e aproveitado por outras organizações do sector aeronáutico que estejam interessada na sua aquisição.

## **3.2-Organização da manutenção**

A manutenção na FAP deve estar organizada de forma a permitir que as aeronaves estejam o menor tempo possível em condições não operacionais. Este é aliás um dos principais desafios na cadeia logística de qualquer sistema de armas, onde podem ser incluídas também a utilização eficiente dos recursos disponíveis e do potencial humano e a rapidez de resposta na manutenção em períodos de maior actividade militar. Por esta razão, o planeamento da manutenção dos F-16 na BA5 é cada vez maior em todos os sectores, embora seja ainda necessário ultrapassar alguns obstáculos no sentido de garantir a preparação rápida e eficiente das aeronaves para efectuar todas as missões que lhes sejam atribuídas e em qualquer altura. Para que isso seja possível no futuro, a imprevisibilidade deve ser eliminada dos processos de manutenção e as tarefas executadas ao menor custo possível. Outro aspecto importante é a aposta no potencial humano por parte dos elementos que gerem o processo. Devem ser implementadas de forma regular iniciativas de melhoria junto dos militares que participam da manutenção para promover a troca de novas ideias e incentivar cada sector a encontrar soluções para os seus problemas na Cadeia Logística.

A organização de cada sector da manutenção pode ser ligeiramente diferente, tendo em conta que existem diferenças nas ferramentas de reparação, nos equipamentos e variações no número de tarefas executadas em determinado período de tempo, mas os princípios utilizados para gerar essa organização são os mesmos em toda a manutenção da FAP.

### **3.2.1-Escalões de manutenção**

As operações de manutenção podem ser divididas em três níveis distintos. A separação é feita com base na complexidade das tarefas, no espaço necessário e no nível de experiência das pessoas nas secções de manutenção.

- Nível 0 / Manutenção Organizacional: É a manutenção realizada junto da aeronave ou próximo do local onde esta se encontra. É referente a pequenas tarefas como inspecções regulares, reparações, substituições, lavagem e lubrificação.

Normalmente neste escalão nunca são removidos ou instalados componentes que integram a aeronave.

- Nível 1 / Manutenção Intermédia: Neste escalão, o trabalho é efectuado em componentes da aeronave no hangar de manutenção, instalações das subunidades ou oficinas Intermédias como o AIS/IAIS. É necessária a utilização de meios humanos e de ferramentas em maior número que o nível anterior e as tarefas incluem inspecções periódicas, cumprimento de ordens técnicas (TCTO's) e reparação de sistemas da aeronave, entre outras.

- Nível 2 / Manutenção Depot (Depósito): Este tipo de manutenção destina-se aos processos de elevada complexidade e detalhe que não podem ser realizados nos dois níveis anteriores. As avarias que não podem ser detectadas através dos procedimentos normais de teste e análise nos componentes requerem o uso de ferramentas especiais, com menor margem de erro, como nos casos de recuperação de equipamentos, grandes reparações e modificações nos sistemas.

### **3.2.2-Falhas e constrangimentos no processo**

Durante o período de análise do processo que decorreu antes da implementação das técnicas e ferramentas lean, foram verificadas várias falhas na organização da manutenção em alguns sectores da BA5. A incerteza que existe no processo e a falta de um fluxo contínuo de pessoas e materiais tornam-no mais vulnerável à ocorrência de erros de funcionamento e atrasos nas operações. Curiosamente, apesar de algumas destas falhas serem evidentes, a falta de uma filosofia de trabalho focada na eliminação de desperdícios e da criação de um espírito colectivo de melhoria contínua ocultavam qualquer iniciativa que permitisse alterar os métodos tradicionais de trabalho.

#### **3.2.2.1 - O circuito do material reparável**

Os reparáveis (que incluem os componentes que estão a ser reparados e os que estão em lista de espera a aguardar reparação) estão potencialmente sujeitos a um nível elevado de variabilidade, provocado por alguma incerteza que possa existir acerca do planeamento e dos procedimentos de reparação destes componentes. Normalmente este potencial é desconhecido uma vez que quando existem poucas missões a

efectuar pelo sistema de armas a capacidade de reparação é elevada quando comparada com a procura (que é dada pelo número de itens a reparar), e portanto podem ser evitadas grandes filas de espera de material a aguardar reparação. Contudo, quando as aeronaves aumentam o número de missões e conseqüentemente aumenta também o número de horas de voo, esta situação pode alterar-se substancialmente. Não só pelo aumento da procura que poderá acontecer (quanto maior for a actividade de uma aeronave, maior é a probabilidade de serem detectadas avarias em operação pelo piloto) mas principalmente pela incerteza que existe à volta do planeamento, que pode originar paragens prolongadas da aeronave para manutenção porque algo no processo não correu conforme o esperado. Outro aspecto importante a ter em conta é que as pessoas, os componentes de reparação e as ferramentas vão estar sujeitas a acidentes devido à falta de segurança que existe no local de trabalho, fruto da má organização (peças colocadas fora do lugar, falta de limpeza do local de trabalho, entre outros aspectos).

### **3.2.2.2 - Recolha de material de tecnologia obsoleta**

Um dos problemas observados durante a recolha do material feita no AIS foi a presença de alguns equipamentos que deixaram de ser utilizados na aeronave há vários anos. Devido a rápidas e constantes alterações de tecnologia, este é um problema que se repete por todo o mundo em organizações que lidam com material aviónico e electrónico. No caso dos F-16, que ganharam novas capacidades de missão desde que foi efectuada a actualização da tecnologia OCU para MLU, nunca foram retirados determinados componentes da oficina que pertenciam aos sistemas antigos e como consequência foram sendo acumulados junto de itens que são utilizados actualmente na reparação dos componentes. Esse material estava assim a ocupar espaço que poderia ser aproveitado para arrumar o material e as ferramentas de forma correcta.

### **3.2.2.3 - Abastecimento de material**

Antes de se proceder à arrumação, limpeza e organização do espaço nas várias subsecções que integram o processo de manutenção existia o problema de controlar a quantidade de material gasto em acções de manutenção. Como o abastecimento era efectuado de forma bastante irregular, com grande variação no tamanho das encomendas e nos intervalos de tempo em que era fornecido o material, apenas eram contabilizados de forma correcta os itens que eram registados à saída do armazém. Além disso, também era frequente as subunidades efectuarem encomendas de material ao armazém em quantidades acima das que eram realmente necessárias no momento das reparações. O resultado desta política a longo prazo é o aumento do stock de bancada para níveis demasiado elevados comparadamente ao nível mínimo necessário para reparar a maior parte das avarias com um consequente aumento do desperdício, nomeadamente de custos desnecessários de armazenamento de artigos que poderiam estar a ser aproveitados de outra forma. Em alguns casos o material permanecia tanto tempo sem ser utilizado que acabava por se deteriorar ou ser misturado com outro material diferente para disponibilizar espaço para arrumação de outros componentes.

### **3.2.3-As inspecções de fase**

A Inspeção de Fase é um tipo de manutenção preventiva necessária para manter a aeronave em condições óptimas de funcionamento e assegurar a sua capacidade de resposta. Na FAP, esta é realizada a cada 300 horas de voo da aeronave e todas as esquadrilhas de manutenção participam nas tarefas, formando uma equipa de inspecção, responsável por efectuar, entre outros, correcções de anomalias verificadas em voo, cumprimento de ordens técnicas do fabricante e revisões aos sistemas da aeronave. A equipa tem que efectuar a inspecção dos diversos itens num determinado período de tempo, aproveitando de forma coerente os recursos que tem à sua disposição.

### **3.2.4-Registo das obras de manutenção**

Sempre que é aberto ou encerrado o registo de uma obra de manutenção numa aeronave, é transmitida informação electrónica via computador para o Centro de Gestão da Manutenção (CGM). Esta secção é responsável por monitorizar a eficiência dos processos de manutenção, recolher dados acerca das tarefas na manutenção para elaborar estudos e análises do desempenho e receber informações sobre as actividades de manutenção que estão a decorrer em determinada altura. É enviada para este departamento informação sobre a avaria, a acção de manutenção a efectuar, o código da subunidade responsável pelo equipamento e a data e hora da abertura e do fecho da avaria. No final de cada mês é efectuado o balanço do desempenho e os resultados são comunicados ao departamento de gestão de operações da BA5.



## **4-Implementações lean na Cadeia de Abastecimento**

Este capítulo apresenta uma análise das tarefas de melhoria realizadas na BA5 durante o período deste estudo, e são propostas algumas soluções que permitem melhorar o processo de manutenção tanto no seu estado actual como em acções de melhoria no futuro. Em primeiro lugar é descrito o processo de implementação dos kanbans, com principal foco nas áreas de manutenção de electricidade e aviónicos, e analisados os problemas e as oportunidades de melhoria encontrados durante esta tarefa.

De seguida, são apresentadas as 20 avarias mais frequentes nos sectores de electricidade e aviónica durante o ano de 2010, com um registo efectuado a partir de uma lista fornecida pelo Centro de gestão da manutenção, onde se encontram todas as tarefas efectuadas nos F-16 durante o período referido. A partir desse top 20, vai ser encontrado o material utilizado nas obras de manutenção mais frequentes.

O mapeamento do fluxo de valor no seu estado actual, que permite obter uma visão mais geral do processo, vai ser utilizado para detectar actividades que acrescentam valor e outras que não acrescentam valor, assim como desperdícios inerentes ao processo de manutenção que podem ser eliminados, facilitando assim a criação de um fluxo de valor contínuo entre o abastecimento de material e as operações de manutenção.

### **4.1-Primeira fase de procedimentos**

A preparação para o desenvolvimento de uma Cadeia de Abastecimento Lean, com utilização de kanbans em todas as áreas de manutenção, teve início no ano de 2011 com a realização de vários eventos de melhoria. No primeiro, que teve a duração de cinco dias, compareceu na Base Aérea um consultor de uma empresa externa especializada em transformações lean, que começou por fazer uma apresentação com os resultados de sucesso obtidos por empresas que aplicaram esta filosofia nos

seus processos. Após esta apresentação, seguiu-se uma explicação dirigida aos militares da BA5 acerca dos conceitos teóricos associados a esta implementação e efectuada a apresentação do plano de acção com as várias etapas que teriam de ser alcançadas para melhorar substancialmente o funcionamento da Cadeia de Abastecimento. Durante os dias seguintes, foram criados grupos de trabalho para recolher todo o material nos stocks de bancada existentes e contabilizar o número de kanbans necessários, duas tarefas que ficaram concluídas apenas passado alguns dias devido à grande quantidade de linhas de artigo existentes em todas as secções de manutenção.

## **4.1.1-Criação do sistema kanban**

### **4.1.1.1 - Organização e recolha de material**

A tarefa de criação dos Kanbans foi devidamente discutida e planeada por todos os militares das várias áreas de manutenção da BA5. Foi feita uma divisão das pessoas por grupos de trabalho, cada um correspondente a uma subunidade de manutenção, e dado a cada um a tarefa de efectuar uma listagem de todo o material (linhas de artigo) armazenado nos stocks de bancada de cada secção, com indicação do part number, NNA e a quantidade existente de cada tipo de artigo. Os recipientes que continham até à data esse material e que mais tarde iriam ser transformados em kanbans foram devidamente contabilizados e agrupados, e o material correspondente embalado com uma etiqueta de identificação para mais tarde ser levado para o abastecimento.

O autor fez parte da equipa encarregue de efectuar as transformações na Oficina de material aviónico IAIS. Neste local, foi possível identificar várias situações anómalas que podiam ser corrigidas. Uma delas era a falta de um planeamento efectivo que permitisse uniformizar as quantidades de material de acordo com as necessidades de manutenção, pois existia uma grande discrepância entre a quantidade de material armazenado e a quantidade utilizada nas reparações. Além disso, verificou-se também que alguns componentes eram utilizados de forma escassa, mas que registavam picos de utilização em determinados períodos. Isto deve-se ao facto de o material se encontrar armazenado na IAIS durante muito tempo mas apenas para satisfazer picos de procura existentes no final do ciclo de vida dos componentes.

Para evitar que se efectuem substituições de material em períodos de tempo consecutivos, após o final da sua vida útil, no futuro pretende-se criar um ciclo de substituição com um intervalo de tempo entre componentes de 1 a 2 meses.

#### **4.1.1.2 - Cartões kanban**

Os cartões kanban devem identificar completamente o material e a quantidade total e mínima de reposição que deve estar no kanban. Primeiro foi necessário fazer as etiquetas de identificação que iriam ficar situados no interior dos kanbans, com informação relativa à designação do artigo, NNA, part number, quantidade total e quantidade de abastecimento. De seguida, no armazém de material, fizeram-se cartões onde iriam ser coladas as etiquetas de cada artigo e finalmente plastificado o cartão com a etiqueta. Por fim, estes cartões foram sendo colocados gradualmente nos kanbans respectivos para se dar início ao abastecimento dos mesmos com as quantidades correctas.

#### **4.1.1.3 - Fluxo de cartões kanban**

Assim que os cartões foram colocados nos kanbans respectivos, foi definido o fluxo dos cartões. No interior do kanban, o cartão divide em duas partes iguais o recipiente onde se encontra o material. A quantidade total do kanban corresponde à quantidade existente nas duas partes do recipiente. Vai ser considerada agora uma situação em que ocorre o consumo. Quando o abastecimento efectua a ronda pelos kanban, vão existir bandeiras de cores diferentes que vão sinalizar se o kanban precisa de material ou se a quantidade já foi repostada. Assim:

**Flag Verde:** Todas as linhas de artigo do kanban estão com stock disponível e não é necessário reabastecimento.

**Flag Vermelha:** Existem no kanban uma ou mais linhas de artigo que necessitam de reposição de stock. Na próxima ronda o distribuidor do abastecimento verifica quais os itens em falta e transporta os cartões de identificação respectivos para o armazém.

A partir do momento em que uma das duas partes do kanban é consumida, o cartão deve ser retirado pelo abastecimento e transportado para o armazém, enquanto que a outra parte do kanban pode ser consumida até chegar o abastecimento com a quantidade mínima de reposição.

Se um kanban se encontra completamente vazio, deve ser utilizada uma etiqueta vermelha para sinalizar urgência no abastecimento.

## 4.2-Resumo das tarefas efectuadas

De seguida são apresentados os resultados dos primeiros dias de implementação de um sistema kanban:

Análise às 5 áreas onde já existiam Kanbans:

- Hangar de Manutenção

- Fuel

- LMA

- Pneudráulicos

- Aviónicos/Electricidade

Accções a efectuar que já se encontram completas:

- Revisão dos kanbans

- Revisão do processo de entrega do material

- Melhoria do processo de entrega

- Split Bin, com divisão de material

- Criação de kanbans
- Devolução de stock de todas as secções
- Processo de entrega definido

- Número de kanbans a ser criado:

Fuel - 347

Pneudráulicos (Wheels and Brakes) - 30

Pneudráulicos (Geral) - 200

Reparações eléctricas - 30

Laboratório de Aviónica (IAIS/AIS) - 47

Manutenção de motores - 76

Aviónicos (manutenção) - 47

Electricidade (manutenção) - 10

Pneudráulicos (manutenção) 71

Com base na informação observada, falta ainda serem realizadas as seguintes tarefas/procedimentos:

- Todas as secções que utilizam o Hangar de Manutenção para efectuar as suas operações devem deixar de fazer requisições em papel ao LMA, e passar a utilizar os kanbans disponíveis de acordo com os procedimentos lean.
- Deve ser colocado no Hangar equipamento de suporte e consumíveis como suportes de rolos de papel, mesas de bancada e caixotes de lixo.

- Efectuar a duplicação dos kanbans da LMA assim que todo o material estiver no abastecimento.
- Elaborar etiquetas para o material que não existe nos kanbans.
- Assegurar que é feito o controlo e preenchimento do “Quadro de controlo de Produção” existente no armazém de abastecimento.

### **4.3-Teste ao circuito de abastecimento**

O abastecimento de material em todas as secções onde existem kanbans é efectuado duas vezes por dia. O percurso do circuito deve ser sempre o mesmo, e faz parte do planeamento que foi feito para efectuar a distribuição de material com a menor distância percorrida. A pessoa que efectua o abastecimento também deve ser sempre a mesma, já que esta se encontra familiarizada com o circuito e conhece bem os procedimentos que tem de seguir. A ronda efectuada aos kanbans é feita duas vezes por dia, uma de manhã, às 10:00, e outra à tarde, às 17:00. O responsável pela distribuição inicia a sua trajectória no armazém, transportando todos os artigos que foram marcados em falta para o veículo de distribuição. Os artigos estão devidamente armazenados em recipientes, juntamente com o cartão de sinalização do material respectivo. A sequência de abastecimento dos kanbans é a seguinte:

- (1º) Hangar de Pneudráulicos
- (2º) Electricidade
- (3º) Aviónicos
- (4º) Motores
- (5º) Pneudráulicos
- (6º) Pneudráulicos Jantes
- (7º) Backshop Aviónicos (IAIS)
- (8º) Electricidade e Instrumentos

Verificou-se que uma quantidade razoável de kanbans que tinha sido criada ainda não existia no abastecimento. Estes kanbans, muitos deles existentes há pouco tempo, foram mais tarde inseridos na base de dados do abastecimento. A situação inversa também se verificava, sobretudo na área dos motores, quando se verificava a falta de kanbans no local de manutenção que por sua vez estavam registados no abastecimento.

Depois de efectuar o percurso várias vezes, foi possível efectuar alguns ajustamentos ao nível de:

- Criação de cacifos no abastecimento para colocar os kanbans
- Transporte do material

Ter os artigos disponíveis no kanban com a quantidade ideal e que possa satisfazer a qualquer altura uma operação de manutenção, seja ela programada ou não programada é o objectivo principal da cadeia de abastecimento da Base Aérea de Monte Real. Para que não existam atrasos e a procura seja satisfeita, é necessário haver coordenação entre o abastecimento e os locais de manutenção. O kanban deve estar próximo do local onde é efectuada a operação de manutenção e este deve conter a quantidade estritamente necessária para aquele dia (uma vez que a reposição é efectuada diariamente). O trabalho de entrega do material a partir do abastecimento deve por isso ser efectuada pela mesma pessoa que fez o levantamento do material necessário junto dos kanbans, para que todas as entregas sejam satisfeitas e de forma a não haver atrasos ou trabalho que é feito mais do que uma vez. O mesmo se passa no local de manutenção. Uma vez tendo o material disponível, o mecânico tem de efectuar uma série de acções programadas e sempre efectuadas da mesma forma. Assim, quando detecta uma avaria, a primeira acção a efectuar é registar no computador uma acção de manutenção que vai ser aberta, escrevendo detalhadamente os pormenores da avaria e o tempo estimado de reparação. Uma vez comunicada ao gabinete de gestão, a acção de manutenção tem que estar concluída num prazo determinado, para que qualquer missão com o F-16 não seja atrasada. Depois disso, o mecânico vai buscar o material ao kanban, regista o seu consumo no computador, ligado à base de dados do abastecimento, e utiliza o

artigo na avaria. O ideal, para que não existam atrasos, é encontrar-se uma pessoa no local que registe os dados no computador, para que o mecânico esteja o menor tempo possível fora da sua linha de acção, junto da aeronave. Quando existe material reparável que tem que ser substituído, o mecânico faz a entrega no respectivo departamento, que depois se encarrega de o entregar para que seja levado às backshops. Esta acção de manutenção tem que ser registada.

O facto de os kanbans estarem em locais fixos, com quantidades específicas e o sistema de distribuição ser sempre o mesmo, facilita a gestão do material e o registo dos consumos permite otimizar cada vez mais as quantidades disponíveis no kanban.

Os utilizadores finais a quem é destinado o material, mecânicos e seus auxiliares, utilizam agora as quantidades correctas de material e reduziram os desperdícios de material utilizado. Anteriormente à aplicação dos kanbans, as quantidades que eram pedidas ao armazenamento não eram muitas vezes respeitadas, já que o mecânico fazia a ordem de uma certa quantidade e o abastecimento fornecia uma quantidade diferente. Como a quantidade do stock não era viável, e por vezes existia material em excesso no kanban, era frequente existirem vários inconvenientes como perdas de material ou material que era retirado, experimentado e depois colocado de novo em stock.

## **4.4-Registo e análise das 20 avarias mais frequentes**

As actividades de manutenção na esquadra EMEA estão divididas por quatro áreas, como já foi referido neste trabalho. Cada área é responsável por reparar, testar e manter os diferentes equipamentos em condições operacionais. As acções de manutenção, efectuadas de acordo com os manuais técnicos do F-16, são tratadas de forma independente e cada uma corresponde a um único trabalho. O registo das acções de manutenção é feito no Centro de Gestão da Manutenção, situado junto do hangar principal, e é neste local que se encontram os dados estatísticos ao nível das operações da BA5.

O autor, depois de apresentar os objectivos do seu trabalho e comunicar aos responsáveis de cada departamento a necessidade de fazer um levantamento do top de avarias do ano de 2010, começou por se dirigir ao Centro de Gestão da Manutenção (CGM) para averiguar junto do responsável pela manutenção o modo como iria ser feita a divisão das avarias. Assim, de um registo completo de todas as quatro áreas em conjunto, composto por aproximadamente 140 acções de manutenção distintas, fez-se uma separação por categoria, por CUT, designação, Acção de manutenção, data de início e data de fecho. Se tivermos em conta o número de horas de voo no período entre Janeiro e Dezembro de 2010 e o tempo que a aeronave esteve parada em operações de manutenção, o conjunto de todas as acções de manutenção efectuadas é um bom indicador da disponibilidade da aeronave para efectuar missões em condições ideais (on-condition) em qualquer altura, um dos factores principais a ter em conta nos interesses da FAP.

Foi compilada uma listagem das avarias mais frequentes, de forma a verificar qual o material utilizado com mais frequência nas reparações. Estes componentes têm que ser colocados em stock.

| Subunidade           | Avarias do TOP 20  | Número de Ocorrências |
|----------------------|--|-----------------------|
| Aviônicos e Sensores | Remover e instalar TGP / Falha no TGP  | 204                   |
| Comandos de Voo      | Efectuar "download" do sistema FACE  | 122                   |
| Aviônicos e Sensores | Falha no FCR/FCR inoperacional/Instalar e remover antena FCR                     | 105                   |
| Com / Nav / GE       | Instalar e remover Adapter POD ALQ131 e ECM / Falha no ALQ                       | 91                    |
| Aviônicos e Sensores | Remover e instalar Pylon   | 87                    |
| Electricidade        | Lubricate External Power Receptacle  | 69                    |
| Electricidade        | Remover e instalar baterias / Efectuar teste de capacidade e carga               | 67                    |
| Com / Nav / GE       | Falha no MLF MIDS / Instalar e remover MIDS                                      | 52                    |
| Com / Nav / GE       | Erro / Falha no EWMS / Erro no SPS1000   | 42                    |
| Com / Nav / GE       | Erro no RWR  | 37                    |
| Electricidade        | Cumprir inspecções VQT201003 e   | 37                    |
| Aviônicos e Sensores | Falha no HMCS / JHMCS inoperacional ou não mostra imagem                         | 37                    |
| Aviônicos e Sensores | Remover e instalar DVR / DVR não grava   | 37                    |
| Comandos de Voo      | Instalar e remover Beacon  | 37                    |
| Aviônicos e Sensores | Remover e instalar bateria de inércia (I.N.U.) / Inspeção Bateria / carregamento | 36                    |
| Electricidade        | Perform Aircraft Grounding Receptacle Continuity Checkout Procedure              | 35                    |
| Aviônicos e Sensores | Remover e instalar HUD / Falha no HUD  | 34                    |
| Comandos de Voo      | Perform Electrical Checkout of engine fuel shutoff valve                         | 34                    |
| Aviônicos e Sensores | Falha no MDF / MDF inoperacional   | 30                    |
| Com / Nav / GE       | Falha nos rádios UHF e VHF / Com transmissão imperceptível / muito ruidoso       | 27                    |

Tabela 2 - TOP 20 de avarias no ano de 2010 na EMEA

## 4.5-Planeamento do processo de manutenção

### 4.5.1-Utilização da ferramenta Glenday Sieve

A maioria das empresas de produção utiliza como dados iniciais para esta análise o número de vendas. Como neste caso queremos avaliar um serviço, faz sentido trabalhar com o número de acções de manutenção. Assim, foram separadas todas as acções de manutenção distintas e contabilizado o número de ocorrências de cada

uma no período de um ano. O autor, juntamente com os militares nas duas esquadras de manutenção, agrupou algumas acções de manutenção que estão relacionadas com a mesma avaria e com o mesmo sistema que foi reparado. Desta forma, foi possível reduzir a lista de tarefas fornecida pelo Centro de gestão de manutenção.

Construiu-se uma tabela de informação com o seguinte formato (ordenada do maior para o menor número de ocorrências):

| Num. Top | Secção | Designação da avaria | Num. de tarefas | % de tarefas | % cumulativa | % cumulativa do total |
|----------|--------|----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------|
|----------|--------|----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------------|

Tabela 3 - Formato da tabela de dados na análise Glenday Sieve

Tendo em conta os valores obtidos na coluna da percentagem cumulativa, procedeu-se à separação dos dados em quatro categorias: verde, amarelo, azul e vermelho, de acordo com a tabela nº 4.

| % cumulativa | % cumulativa do total | Cor de código atribuída |
|--------------|-----------------------|-------------------------|
| 50%          | -                     | Verde                   |
| 95%          | -                     | Amarelo                 |
| 99%          | -                     | Azul                    |
| Restantes 1% | -                     | Vermelho                |

Tabela 4 - Critério de separação por cores

#### Avárias de Categoria verde

Nesta categoria, foram encontradas 17 avárias. Estas avárias são as que representam um maior volume e acontecem de forma mais frequente, logo são fortes candidatas a acções de melhoria. É necessário efectuar uma análise para verificar quais podem ser organizadas numa sequência cíclica ao longo do tempo. Para isso, o autor utilizou

uma ferramenta conhecida como “diagrama de esparguete”. Alguns dos dados obtidos vão mais adiante ser colocados no mapeamento da cadeia de valor actual.

Para se efectuar uma análise do funcionamento de todo o sistema, verificou-se qual o tempo que demora a abastecer o departamento com o material necessário do top de avarias e a satisfazer a procura diária. Estes dados podem ser verificados e otimizados através do diagrama de esparguete.

Avarias de categoria amarela

Desta categoria, foram identificadas 78 avarias. Para efeitos de análise, o autor incluiu as primeiras três com maior volume de ocorrências no top 20, que se juntaram assim às avarias de categoria verde. As restantes vão ser analisadas após a construção do diagrama de esparguete.

#### **4.5.2-Diagrama de esparguete (actual)**

No diagrama de esparguete actual, que pode ser verificado no anexo ... , foram desenhadas as linhas que representam o movimento dos mecânicos, abastecimento e outras pessoas ligadas à manutenção das 20 avarias mais frequentes no F-16. Através da sua elaboração, o autor detectou muitos pontos críticos do processo que necessitam de ser melhorados e identificou grande parte do desperdício que é necessário minimizar em futuras actividades de manutenção.

Partindo do Hangar de manutenção, local onde se encontra a aeronave que aguarda a reparação ou substituição de um componente, foi desenhado o movimento do mecânico, ou mecânicos responsáveis pelas tarefas. Desde que se encontra junto da aeronave para identificar a avaria, desloca-se várias vezes para o stock de material junto da bancada para verificar se existem componentes necessários, para o LMA à procura de material ou ferramentas e para entregar o componente a reparar, para junto da secção responsável pela reparação do componente à procura de mecânicos auxiliares ou para fornecer indicações sobre a avaria, o que resulta numa série de movimentações que poderiam ser evitadas de modo a não provocar atrasos na manutenção e a torná-la mais eficiente. Depois foi desenhado o percurso da pessoa

que efectua o abastecimento desde o armazém de material, sempre que é feita uma encomenda por parte das secções de manutenção. Em primeiro lugar, essa pessoa desloca-se para trazer o veículo de transporte para junto do armazém, confere junto do supervisor do abastecimento se as quantidades pedidas de material estão devidamente arrumadas e identificadas e transporta o material no veículo até junto do stock de bancada correspondente na manutenção. Esta movimentação pode ser efectuada várias vezes ao longo do dia de acordo com o número de encomendas, uma vez que não existe grande controlo no processo de abastecimento. Por fim, é ainda possível observar no diagrama movimentos entre as secções de manutenção e as oficinas de material aviónico que correspondem à entrega e devolução de reparáveis (LRU's). Estas movimentações são efectuadas normalmente por mecânicos auxiliares ou outros militares ligados às diferentes secções de manutenção.

Um aspecto que é visível no diagrama é que o centro de gestão de manutenção não participa de forma activa nas movimentações de entrega e devolução de material, e apenas recebe e envia informação do armazém sobre o material encomendado, fecho e abertura de obras de manutenção, inspecções a efectuar nas aeronaves e registo de tarefas efectuadas. No diagrama de esparguete futuro vão por isso ser analisadas várias oportunidades que permitam uma participação mais activa desta secção, para além do controlo da manutenção.

No que diz respeito à eliminação de desperdício e criação de rotinas que gerem valor ao processo, um dos primeiros passos de mudança consiste em eliminar ao máximo todas as actividades aleatórias que fazem parte desse processo. Essas actividades aleatórias são acções imprevisíveis ou acidentais que contribuem para a existência de atrasos e para o aumento de desperdício, sendo necessário controlar da melhor forma possível as mesmas. Um possível cenário deste tipo surge, por exemplo, quando aumenta o número de missões a efectuar na BA5 num curto espaço de tempo, e conseqüentemente existe um aumento das horas de voo do F-16. O aumento do número de horas de voo vai possivelmente gerar mais procura de material na cadeia de abastecimento. Esta situação eventualmente irá ter um impacto nas quantidades de material definidas até então.

Existem várias formas de lidar com estas actividades imprevisíveis. Numa primeira abordagem, deverá ser feito um esforço para determinar:

- Os factores existentes que se alteram ao longo do tempo

- Recolher dados concretos sobre essas actividades
- Criar formas de controlar as actividades

### 4.5.3-Diagrama de esparguete (proposta de melhoria)

Após a análise do diagrama de esparguete actual na secção anterior, ficaram evidentes alguns desperdícios como o movimento

## 4.6-Registo do material utilizado nas avarias

A procura de material para o TOP 20 das avarias foi efectuado principalmente com os chefes de cada subunidade e contou também com a ajuda de alguns mecânicos. O resultado desta pesquisa encontra-se na tabela ...

| Part Number | Sector               | Designação do Material                    |
|-------------|----------------------|---|
|             | Comandos de Voo      | ATTITUDE DIRECTOR INDICATOR               |
|             | Electricidade        | ELECTRICAL CONTACT                        |
|             | Comandos de Voo      | STANDBY ATTITUDE INDICATOR                |
|             | Aviônicos e Sensores | MULTIPLIER ASSEMBLY                       |
|             | Aviônicos e Sensores | POWER SUPPLY                              |
|             | Comandos de Voo      | ELECTRONIC COMPONENTS ASSEMBLY            |
|             | Com / Nav / GE       | CIRCUIT CARD ASSEMBLY                     |
|             | Electricidade        | RELAY                                     |
|             | Com / Nav / GE       | SWITCH, RADIO FREQUENCY TRANSMISSION LINE |
|             | Com / Nav / GE       | AMPLIFIER, RADIO FREQUENCY                |
|             | Aviônicos e Sensores | PYLON, AIRCRAFT                           |
|             | Com / Nav / GE       | SCREW ASSEMBLY, ECM POD                   |
|             | Electricidade        | LAMP                                      |
|             | Electricidade        | SCREW                                     |
|             | Com / Nav / GE       | UB1773 BATTERY                            |
|             | Com / Nav / GE       | U10025 BATTERY                            |
|             | Electricidade        | CABLE ASSEMBLY, RADIO FREQUENCY, BRANCHED |
|             | Electricidade        | SPLICE, CONDUCTOR                         |
|             | Electricidade        | CABLE ASSEMBLY, PRINTED, FLEXIBLE         |
|             | Comandos de Voo      | FLCC                                      |
|             | Comandos de Voo      | FLCP                                      |
|             | Comandos de Voo      | CADC                                      |
|             | Electricidade        | ABC Controller                            |
|             | Electricidade        | Battery Charger                           |
|             | Electricidade        | Sensor W.S. Antiskid                      |
|             | Electricidade        | Controller EPU                            |
|             | Electricidade        | Control Box NWS                           |
|             | Com / Nav / GE       | ATD                                       |
|             | Com / Nav / GE       | UHF                                       |
|             | Com / Nav / GE       | VHF                                       |
|             | Aviônicos e Sensores | FCR ANTENNA                               |
|             | Aviônicos e Sensores | Transmitter                               |
|             | Aviônicos e Sensores | AVTR Control Panel                        |

**Tabela 5 - Material utilizado no TOP de avarias**

## 4.7-Mapeamento da Cadeia de Valor

Um dos princípios do mapeamento do fluxo de valor consiste em identificar e especificar as acções que poderão acrescentar valor. Na EMMEE, é importante que o material de substituição e de consumo esteja em condições de ser utilizado e fique imediatamente disponível no kanban junto do local onde é efectuada uma reparação, para que seja possível substituir imediatamente os componentes que falharam. Uma das soluções mais práticas para atingir este objectivo fora do contexto lean seria aumentar imediatamente o stock de material em todos os kanbans e efectuar encomendas de grandes quantidades. Isso resolveria o problema da falta de material, mas traria um aumento do desperdício e os custos de manutenção. Como esta não é uma opção plausível, devem ser procuradas alternativas que sigam na linha de pensamento da filosofia lean, como a diminuição do tempo de manutenção e a eliminação de desperdícios, conhecidos como os “sete desperdícios” Lean.

Assim, o mapeamento do fluxo de valor deve ser construído em torno das acções que indiscutivelmente trazem valor ao processo, a disponibilidade de peças de substituição e de consumo no local certo e na quantidade certa.

Uma vez que a cadeia de valor se encontra identificada e mapeada, o próximo passo consiste em eliminar o desperdício ou muda do sistema e dessa forma acrescentar valor. É nesta fase que começa a mudança de pensamento tradicional para pensamento lean. Para ajudar nesta transformação e melhorar o fluxo de valor, é fundamental seguir as etapas descritas por [Womack, pág. 21], que vão ajudar a quebrar barreiras na organização que afectam a sua operacionalidade. Em primeiro lugar, deve-se olhar para o processo em torno do produto, focando-nos nesse mesmo aspecto. A segunda etapa consiste em ignorar os princípios tradicionais de trabalho, funcionamento e das funções a desempenhar, para que seja possível criar uma cadeia lean dentro da organização e eliminar situações que impedem o fluxo contínuo das actividades que trazem valor ao processo. Por fim, na última etapa vão ser criadas novas práticas e ferramentas específicas para remover atrasos, repetições de informação e de actividades e paragens no processo, para que este funcione de forma contínua.

Para além da eficiência do processo, existe um outro conceito importante para a criação da cadeia lean, denominado por pull. O pull tem como base oferecer ao consumidor final o que ele pretende e da forma correcta, partindo do princípio que ele pode exigir que lhe seja fornecido o produto pela organização assim que for necessário, em vez de ser a organização a fornecer o produto quando este não é pretendido pelo consumidor. Ao permitir que seja o consumidor a requerer o material, a procura torna-se muito mais estável e, quando existe continuidade do processo, o consumidor obtém o que pretende e na forma correcta. Uma vez que este conceito deve fazer parte não apenas da manutenção mas também na distribuição, depois de efectuado o mapeamento da cadeia de valor podemos observar a linha de pensamento pull através de uma encomenda ao abastecimento de um determinado produto e acompanhando todos os passos até esse produto chegar ao consumidor final.

Para construir a Cadeia de Valor, o autor procedeu à divisão da tarefa por três fases, adequadas a um modelo de manutenção geral. A primeira consiste em criar os símbolos que vão permitir ao observador analisar o mapa de uma forma mais intuitiva e permitir uma fácil leitura de cada acção que é executada. A segunda fase está relacionada com o processo de mapeamento, em que, passo a passo, são descritas as actividades de manutenção e é criado o fluxo da situação actual. A terceira fase corresponde à leitura e avaliação das actividades que não acrescentam valor e teve-se em conta factores como o tempo de manutenção e atrasos no processo.

## Estrutura

Este passo consiste em criar os elementos que vão fazer parte da cadeia de valor. Foram identificadas sete categorias que funcionam como ponto de partida para elaborar os procedimentos utilizados numa operação de manutenção. Cada uma das subdivisões criadas corresponde a um dos três tempos de manutenção, MTTO, MTTR e MTTY, que mais tarde vão servir para distinguir as actividades que acrescentam valor e as que não acrescentam valor. Para cada categoria foram também criados símbolos, alguns deles utilizados de uma forma global em todas as cadeias de valor, que vão servir para identificar os diferentes passos do mapeamento.

De seguida, vão ser definidas as sete categorias que fazem parte do mapeamento.

1. Falha no equipamento. Esta categoria representa o evento actual da falha do componente, e acontece no momento em que a aeronave pára e aguarda por uma operação de manutenção.

2. Processo. É representado por um conjunto de actividades que acontecem desde que a aeronave pára devido a uma operação de manutenção até ao momento em que a avaria se encontra reparada. Deste conjunto, temos as actividades de identificação do problema, registo da falha, identificação do material, requisição do material, identificação dos recursos, efectuar obra de manutenção, reparar o componente, instalar o componente na aeronave e terminar obra de manutenção, das quais algumas acrescentam valor e outras não acrescentam valor.

3. Fluxo de pessoas e material. As setas de fluxo que são utilizadas no mapeamento são importantes para compreender a organização da manutenção, e a sequência de processos descrita pelas mesmas é uma boa forma de identificar oportunidades de melhoria na cadeia de valor, uma vez que podem facilmente ser detectados desperdícios como a movimentação desnecessária de operários, ferramentas e peças.

4. Fluxo de informação. Para existir fluxo de pessoas e material, é fundamental existir comunicação entre todas as pessoas que participam na manutenção, seja no hangar, na oficina ou no armazém de material da BA5. O fluxo de informação é por isso essencial na execução de todas as actividades, e a troca correcta de informação um factor decisivo na construção de uma cadeia de valor eficiente e sequencial.

5. Caixa de dados. Em cada processo existe uma caída de dados que fornece informação sobre o mesmo. Estes dados podem ser alterados na construção do mapeamento da situação futura, uma vez que representam também uma boa oportunidade de obter melhoria.

6. Atraso. Entre dois processos existe a possibilidade de haver atrasos, correspondentes a acções que não representam valor e aumentam o MMLT. Neste caso, existem quatro tipos de atraso: mecânico indisponível, componentes e ferramentas indisponíveis, falta de pessoal suficiente e atraso no abastecimento. Todos eles afectam a capacidade de resposta na reparação de uma avaria.

7. Linha temporal. Na linha temporal do mapeamento da cadeia de valor existem dois tipos de categorias de tempo: o tempo que acrescenta valor, que está normalmente ligado aos processos, e o tempo que não acrescenta valor, que está associado a alguns processos e os atrasos que se verificam no sistema.

Os dados da estrutura de trabalho associada ao mapeamento da cadeia de valor estão no anexo 4.

#### Processo de mapeamento

A construção do mapeamento da cadeia de valor envolve uma sequência de passos que devem ser executados numa determinada ordem. Em primeiro lugar, no canto superior esquerdo da folha onde vão ser desenhados os processos vai ser colocada a situação inicial, que neste caso é a avaria de um componente. De seguida, e pela ordem correcta, são colocados mais abaixo as actividades ou passos que fazem parte do ciclo de manutenção actual, devidamente identificados com o nome e o tempo aproximado que estes demoram a ser executados. A etapa seguinte corresponde à indicação dos tipos de atrasos que podem surgir entre duas actividades distintas, com a indicação do tempo médio que costuma ter. Agora que as acções estão devidamente identificadas, é necessário incluir no mapeamento os edifícios onde são desempenhadas funções ligadas directamente à manutenção, como o caso do armazém de material, incluindo as oficinas AIS e IAIS, e também as subunidades da EMEA. Para facilitar a compreensão das ligações existentes entre a EMEA e os processos ou outros edifícios foi feita uma separação entre dois grupos, a Esquadilha de Manutenção de Material Eléctrico e Electrónico (EMMEE), que corresponde às subunidades de Com/Navegação/GE e Electricidade, e a Esquadilha de Manutenção

de Aviónicos, correspondente às subsecções de Aviónicos e sensores e Controlo de Voo. Esta separação entre electricidade/electrónica e aviónicos permite entender melhor as ligações de cada um destes tipos de componentes com os restantes elementos do mapeamento.

As conexões existentes entre os vários elementos foram depois efectuadas de acordo com os procedimentos comuns que são executados no TOP das avarias mais frequentes, e logo correspondem à maioria das operações efectuadas na manutenção. No mapeamento da cadeia de valor futura vão ser incluídas todas as transformações lean que foram executadas.

A análise do Glenday Sieve, que foi efectuada antes do planeamento, seuiu para identificar as avarias de categoria verde, amarela, azul e vermelha. Todas as actividades que são feitas no sentido de corrigir as avarias acontecem na categoria verde. No mapeamento futuro vão ser implementadas também avarias de categoria amarela, mas em primeiro é necessário levar a cabo acções de melhoria dos seus procedimentos, para que possam integrar o fluxo contínuo de manutenção.

#### Avaliação do processo

Após a construção do mapeamento, são feitas avaliações ao mesmo com base nos parâmetros de avaliação das actividades. Nesta última fase, vão ser analisadas as actividades que acrescentam valor, as que não trazem valor ao processo e é calculada a eficiência da manutenção.

### **4.7.1-Situação actual**

Na criação do mapeamento de valor para a situação actual, estão incluídos todos os procedimentos que eram feitos antes de ocorrerem as transformações lean. Desta forma, é normal que as ligações existentes sejam mais complexas e variáveis do que as que vão ser verificadas no mapeamento futuro, onde já existe um planeamento de todas as actividades. Nesta fase, existem muitas ligações em torno do LMA, principalmente o que se refere a identificação de recursos, ferramentas, entrega de componentes para reparação e abastecimento. Pode ser observado também que o Centro de Gestão da Manutenção (CGM) apenas efectua troca de informação sobre as avarias, e não tem grande impacto na estrutura nesta fase. Além disso, está bem

identificado o percurso que o abastecimento tem que efectuar, apenas com ligações individuais aos locais que contém stock de material e sem que exista um controlo efectivo do número de deslocações efectuadas.

Os tempos gastos nos processos e nos atrasos existentes na cadeia de valor actual e a eficiência de manutenção vão ser calculados de seguida:

Tempo gasto em actividades que acrescentam valor:

$$\text{Tempo (AV)} = 45 \text{ min}$$

(para valores médios do tempo dos processos no TOP 20)

Tempo gasto em actividades que não acrescentam valor:

$$\begin{aligned} \text{Tempo (NAV)} &= 5 + 10 + 10 + 20 + 15 + 10 + 5 + 15 + 30 + 15 + 5 \\ &+ 20 + 5 + 10 + 10 + 15 = 3\text{h } 20 \text{ min} \end{aligned}$$

(para valores médios do tempo dos processos no TOP 20)

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT}} = \frac{45}{245} = 18\%$$

#### 4.7.2-Tipos de desperdício identificados

Após terem sido analisados os processos, chegou o momento de identificar os desperdícios que são encontrados de forma mais frequente. Ohno separou os defeitos por vários tipos, e o autor tentou identificar ao máximo as situações que provocam os principais.

Desperdício do tipo muda:

#### - Transporte

O Armazém de material da Base Aérea nº5 fica localizado relativamente perto do hangar de manutenção e do EMEA (o percurso mais próximo para cada um deles é de cerca de 200m para o Hangar e 350m para a oficina de Aviónica). No entanto, o percurso que é efectuado pelo abastecimento é bastante maior. Só em deslocações entre as subunidades do sector e o armazém o abastecimento percorre pouco mais do que 3 Km para cobrir todo o circuito de distribuição. O resultado é um grande período de tempo gasto entre abastecimentos sucessivos, que representa desperdício para o processo.

#### - Espera

A espera ocorre a partir do temo em que um determinado componente não chegou ao destino e os mecânicos têm de aguardar pela chegada do material para prosseguirem as operações de manutenção. Normalmente esta situação ocorre quando é necessário efectuar uma acção de manutenção com um determinado artigo que não é utilizado de forma regular e, portanto, as quantidades em stock junto do local das reparações são reduzidas ou nulas. Esta situação pode ser evitada a partir de um melhor planeamento de manutenção que permita antecipar possíveis necessidades de material em determinados períodos de tempo ao longo do ano.

#### - Inventário

O material que se encontra em stock junto dos locais de manutenção por vezes não é regularizado e tanto podem ser encontradas grandes quantidades de material que não é utilizado como a falta sistemática de um determinado artigo. A solução deste problema passa pela implementação dos kanbans, que é discutida na situação futura do mapeamento.

#### Desperdício do tipo Muri

Este desperdício está relacionado com a pouca eficiência de uma tarefa devido à sobrecarga ou à falta de recursos humanos numa operação de manutenção. Numa operação de manutenção típica do nível organizacional (Nível 0) efectuada no hangar de manutenção, é frequente encontrar um número demasiado elevado de mecânicos a trabalhar numa avaria. Por vezes são encontrados quatro mecânicos para efectuar

uma simples reparação de um componente, em que dois se encontram a trabalhar efectivamente na operação e outros fornecem as ferramentas necessárias. Por outro lado, pode ser necessário reparar uma avaria e no entanto não existem mecânicos disponíveis para trabalhar na aeronave. Este caso aumenta o tempo em que a aeronave se encontra no solo à espera de reparação, o que representa, naturalmente, um desperdício em termos de custos e de operacionalidade da aeronave.

### **4.7.3-Situação futura**

O mapeamento da situação futura já inclui as transformações lean que foram feitas na Base Aérea nº5 durante o início do ano de 2011. Nele, é possível verificar o desaparecimento do stock de material de categoria s (substituição) e de categoria c (consumo), para passarem a existir kanbans com ligação ao armazém de material, que fica encarregue de efectuar todo o abastecimento às secções de manutenção. Além disso, foram incluídas as primeiras três avarias da categoria amarela do Glenday Sieve, por fazerem parte do TOP20 e por estas se encontrarem normalizadas após a criação dos kanbans nas subunidades da EMEA. No esquema do mapeamento é possível verificar que o número de processos foi reduzido, com o desaparecimento da localização de material (uma vez que agora o material está correctamente identificado e numa localização específica) e da requisição de material (uma vez que as necessidades de material passam a ser controladas pelos cartões kanban, e apenas no caso de uma urgência é possível efectuar um pedido ao CGM para abastecimento, que vai decidir se este pode ou não ser efectuado). Assim, existe uma separação clara entre o ciclo de manutenção e abastecimento, cuja situação está perfeitamente definida, e a urgência de abastecimento ou de entrega de material reparável na AIS/IAIS, cujas situações são geridas pelo CGM.

#### **Avaliação do processo**

Através dos valores indicados na linha temporal situada no fundo do esquema do mapeamento é possível registar o tempo total gasto em actividades que acrescentam valor e o tempo gasto em actividades que não geram valor, assim como a eficiência da manutenção.

No mapeamento futuro, existem valores mínimos e máximos tanto no tempo gasto em actividades que não acrescentam valor como na eficiência da manutenção. Esta separação tem a ver com o facto de os atrasos terem também um tempo mínimo e um tempo máximo. Assim, o tempo mínimo teórico de atraso é zero minutos, e corresponde à situação “ideal” de fluxo perfeito entre os processos. Este valor é apenas uma referência de que não existe nenhum atraso entre os processos, uma situação que parece praticamente impossível de acontecer, mesmo depois de terem sido efectuadas todas as transformações lean e de o fluxo de manutenção ter sido melhorado. O objectivo é que daqui em diante exista melhoria contínua nos processos, para que as tarefas de manutenção sejam cada vez mais eficientes e este tempo de atraso seja constantemente reduzido, não para atingir o nível zero minutos de atrasos mas para nos aproximarmos cada vez mais desse valor à medida que mais iniciativas de melhoria forem sendo efectuadas no futuro. Esta situação corresponde ao tempo total mínimo gasto em actividades NAV e à eficiência de manutenção máxima. Por outro lado, também se encontra indicado no mapeamento futuro o tempo máximo teórico de atraso. Os valores indicados também são apenas uma referência, mas alertam para a existência de dois pontos críticos dos processos onde os atrasos tendem a ser mais frequentes e a atingir os seus valores máximos. Estas duas situações correspondem ao período de testes e adaptação que decorre imediatamente após a implementação das transformações lean, quando ainda existem incertezas acerca do funcionamento do sistema por parte das pessoas que estavam habituadas a trabalhar com os procedimentos tradicionais, e ao período iniciado a partir do momento em que é ultrapassada a capacidade máxima de actividade da EMEA, correspondente ao número máximo de reparações que podem ser efectuadas em simultâneo. Esta situação ocorre tendencialmente quando as aeronaves efectuam um número elevado de missões num curto espaço de tempo, originando uma maior procura de equipamentos que necessitam de reparação. Todos estes atrasos devem ser geridos e controlados através da monitorização permanente das ligações existentes entre os processos no mapeamento.

De seguida vão ser contabilizados os tempos gastos nos processos e nos atrasos existentes na cadeia de valor futura, assim como os limites máximo e mínimo da eficiência de manutenção:

Tempo total gasto em actividades que acrescentam valor:

$$\text{Tempo (AV)} = 35 \text{ min}$$

(para valores médios do tempo dos processos no TOP 20)

Tempo total máximo gasto em actividades que não acrescentam valor:

$$\text{Tempo(NAV)} = 5 + 5 + 5 + 20 + 10 + 10 + 20 + 15 + 5 + 10 + 10 + 10 = 2\text{h e } 5\text{min}$$

(para valores médios do tempo dos processos no TOP 20)

Tempo mínimo gasto em actividades que não acrescentam valor

$$\text{Tempo (NAV)} = 5 + 20 + 10 + 15 + 10 = 60 \text{ min}$$

(para valores médios do tempo dos processos no TOP 20)

Eficiência mínima e máxima da manutenção:

$$\text{Eficiência (min)} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT (máx)}} = \frac{35}{160} = 22\%$$

$$\text{Eficiência (máx)} = \frac{\text{MTTR}}{\text{MMLT (min)}} = \frac{35}{95} = 37\%$$



## 5-Pontos de Melhoria

Neste capítulo são apresentados os resultados das implementações descritas no capítulo anterior, e a partir da análise dos resultados serão efectuadas no final algumas sugestões de melhoria que podem ser implementadas num futuro próximo, trazendo consigo potenciais benefícios para a cadeia de abastecimento.

### 5.1-Consumos dos kanbans

Os registos dos kanbans e do consumo dos kanbans que serão apresentados de seguida são relativos ao primeiro trimestre de 2011, por ser este o período em que foi elaborada a maior parte da análise do processo.

| <b>Tipos de kanban</b> | <b>n° de kanbans</b> | <b>kanbans utilizados</b> | <b>% de kanbans utilizados</b> |
|------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Electricidade (Hangar) | 63                   | 42                        | 67%                            |
| Com/Nav/GE             | 28                   | 8                         | 29%                            |
| IAIS                   | 48                   | 6                         | 13%                            |

Tabela nº6 - Número de kanbans VS número de kanbans utilizados (1º trimestre)

| <b>Tipos de kanban</b> | <b>n° de artigos</b> | <b>n° de artigos mov.</b> |
|------------------------|----------------------|---------------------------|
| Electricidade (Hangar) | 160                  | 184                       |
| Com/Nav/GE             | 274                  | 84                        |
| IAIS                   | 146                  | 14                        |

**Tabela nº7 - Diferenças entre o nº de artigos e o nº de artigos movimentados (1º trimestre)**

Através da análise dos dados nas figuras .. e ..., podemos verificar que o número total de kanbans existentes para cada dos três tipos ainda é um pouco elevado, e a percentagem de consumo reduzida. Quando são efectuados os cálculos para a primeira implementação dos kanbans é normal que a margem de segurança no número de kanbans e de artigos seja maior. O objectivo desta fase em diante é monitorizar constantemente os consumos que são efectuados e detectar onde é que a procura de material sofreu mais variações. Se estas variações forem elevadas, pode ser efectuado novamente o cálculo dos kanbans. É também importante

## 5.2-Procedimentos do abastecimento por imagens

Procedimentos efectuados no armazém



Figura 6 - Registo no armazém do material em falta no kanban de manutenção



**Figura 7 - Arrumação do material que vai abastecer o kanban de manutenção**



**Figura 8 - Colocação do material no ponto de recolha antes de ser transportado para o kanban**

Procedimentos efectuados no transporte e entrega



Figura 9 - Transporte de material para os kanbans



Figura 10 - Colocação do material no kanban respectivo

### 5.3-Novo circuito dos componentes reparáveis

Os componentes reparáveis que estão instalados na aeronave ou estão no interior do novo circuito têm agora um percurso mais bem programado e organizado do que aquele que existia anteriormente às transformações lean. Nessa altura havia bastante indefinição acerca das pessoas que recolham o material, onde este iria ser colocado, quanto tempo fica em lista de espera até ser iniciada a sua reparação, entre outras questões que estão neste momento mais bem resolvidas. Segundo a nova proposta de planeamento feita pelo autor e parcialmente implementada na BA5, o material deixou de ser entregue no LMA uma vez que esta secção desapareceu do hangar de manutenção.

## 5.4-Incentivar a melhoria contínua

Para que os princípios utilizados na transformação para uma cadeia de valor lean são sejam esquecidos, é fundamental que cada militar interveniente no processo procure identificar falhas existentes no sistema kanban actual e nos procedimentos de manutenção e que este dê opiniões acerca das tarefas efectuadas e identifique os aspectos que gostaria de ver melhorados.

## 5.5-Sugestões/Recomendações

Após ter sido avaliado o funcionamento da BA5 em áreas críticas do processo e construída a nova cadeia de valor, a busca pela melhoria contínua deve estar presente. Nesse sentido, o autor apresenta algumas ideias de implementação de solução futura que tiveram em conta as limitações existentes actualmente.

Facilitar o registo do material consumido

Uma das sugestões que o autor mais recomenda e como sendo de necessidade imediata é a criação de um sistema electrónico de leitura de cartões e registo de material consumido, numa primeira fase no interior do hangar de abastecimento e depois nas restantes secções de manutenção existentes. A ideia é efectuar a leitura, em tempo real, de todos os artigos físicos do kanban e extra kanban, como o registo das ferramentas utilizadas em cada operação de manutenção. A identificação deste material permitiria obter um controle muito mais eficiente dos consumos efectuados e iria facilitar futuras análises, estudos e a criação de relatórios frequentes para monitorizar o consumo, efectuar ajustes nas quantidade de material existentes nos kanbans e antecipar picos de consumo no processo de manutenção. Além disso, o registo automático dos artigos por leitura de código de barras seria muito mais cómodo do que ter de escrever manualmente os códigos dos produtos, e assim poupando tempo nas operações.

A base de dados de circulação dos artigos iria ligar os kanbans a uma rede interna do abastecimento através da identificação por Rádio frequência (RFID) uma tecnologia já existente em organizações que lidam com este tipo de processos.

## Implementação das Twin-Boxes

As Twin-Boxes ou Twinbin kanbans são compostas por dois recipientes para consumo de um determinado produto, que separam o stock existente em stock de consumo actual e stock de reserva, em vez do sistema actual que utiliza estes dois stocks no mesmo kanban. O sistema funciona da seguinte forma: os dois recipientes vão ser identificados como stock de consumo e stock de reserva. O stock de reserva fica situado por cima do stock de consumo, e a separar estes dois recipientes fica o cartão kanban, mais rígido do que o formato que é utilizado actualmente. Durante a recolha dos cartões para o armazém de material, o stock de consumo é nulo e existe apenas stock de reserva no recipiente colocado por cima. O responsável pelo abastecimento retira o cartão que separa o material, fazendo com que o stock de reserva “caia” para o stock de consumo. Quando for entregue material para abastecer o kanban, é colocado primeiro o cartão, levado para o armazém, e depois o novo stock de reserva. Este sistema é vantajoso na medida em que permite fazer a separação física do material de forma clara, resolvendo assim um dos problemas dos kanbans actuais que é a passagem por acidente do material de reserva para a frente, junto do material que ainda está disponível para consumo.

## 6-Conclusão

Este trabalho mostrou a implementação do sistema kanban como ponto de partida para melhorar vários aspectos na organização. Os problemas observados antes da implementação dos kanbans são aqueles que se verificam de uma forma geral das empresas que ainda não efectuaram transformações lean, como os desperdícios provenientes das actividades que não trazem valor ao processo, a perda de tempo e a fraca utilização de material, existente em grande quantidade junto dos sectores de manutenção. Foram recolhidas linhas de artigo de categoria s e categoria c no valor da ordem dos milhares de milhares de euros, o que reflecte bem a falta de um planeamento na gestão com vista à redução da despesa com material e à poupança de custos. No que diz respeito ao trabalho efectuado pelo autor, a análise do material utilizado nas avarias mais frequentes foi conseguida através da colaboração dos militares presentes na EMEA, que têm bastante experiência acumulada na reparação de avarias em componentes electrónicos e instrumentos, e no abastecimento, onde foram recolhidos os registos das encomendas de material por parte da esquadilha e mostrado o processo de preparação do material que vai ser transportado para os kanbans. Com o diagrama de esparguete proposto, foi criado algum planeamento dos procedimentos a serem efectuados quando ocorre uma avaria do top20. As movimentações de material e das pessoas envolvidas no processo estão bem definidas nesse diagrama, que tem também em conta o tempo que decorre entre etapas diferentes do processo. Além disso, este diagrama permitiu identificar também pontos-chave do processo para o mapeamento da cadeia de valor futura. Este novo mapa atribuiu mais importância a sectores que anteriormente participavam de forma escassa no fluxo físico do processo, como o Centro de Gestão da Manutenção, que passou a ser responsável pelas urgências na requisição de material ao armazém e pelo transporte dos componentes reparáveis apenas igualmente numa situação de urgência.

A ligação da EMEA com o armazém de material também foi melhorada. O abastecimento é agora feito de forma regular, 2 vezes por dia, e apenas são fornecidas as quantidades de material determinadas no cartão kanban, que correspondem ao stock mínimo de encomenda. O facto de o ciclo do abastecimento percorrer todas as subunidades sempre com a mesma sequência gera mais organização a todo o processo, evitando a criação de listas de esperas longas de

encomendas. Além disso, uma outra alteração importante foi a criação de cartões kanban que identificam o material da mesma forma que é utilizada no abastecimento. Assim, quando chega um cartão kanban ao armazém para sinalizar a necessidade de repor material, torna-se mais fácil para o supervisor identificar o material entre milhares de outras peças de artigo. Esta simples alteração permite identificar e retirar material armazenado em cerca de 2 minutos, enquanto anteriormente demorava 10.



## 7-Referências Bibliográficas

Womack, J., Jones, D., “Lean Thinking”, Free Press, New York, 2003

Sayer, N., Williams, B., “Lean for Dummies”, Wiley Publishing Inc., Indianapolis, Indiana, 2007.

Womack, J., Roos, D., Jones, D., “The Machine that Changed the World”, Free Press, New York, 1990.

Brunt, D., Kiff, J., “Creating Lean Dealers”, Lean Enterprise Academy Ltd., Ross-on-Wye, 2007

Glenday, I., “Breaking Through to Flow”, The Lean Enterprise Academy Ltd., Ross-on-Wye, 2005

Assis, R., “Apoio à decisão em manutenção na gestão de activos físicos”, Lidel - edições técnicas, Lda., Lisboa, 2010

Liu, P., “F-16 A/B The pilot’s guide to new capabilities & cockpit enhancements”, Lockheed Martin Corporation, 1998

“Kanban Calculation | Lean Sigma Supply Chain”,  
<http://www.resourcesystemsconsulting.com/blog/archives/tag/kanban-calculation>

Tseng, Y., Yue, W., L., Taylor, M., “The role of transportation in logistics chain”, University of South Australia, Adelaide, 2005

Peinado, J., “O Papel dos Sistemas de abastecimento kanban na redução dos inventários”, UFSC, Curitiba, 1997

“The Productivity Press Development Team. Kanban for the Shop Floor”, Productivity Press, New York, 2002

Vários autores, “Developing a maintenance value stream map”, University of Tennessee

Monden, Y., “Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time”, 2nd ed., Industrial Engineering and Management Press, Norcross, GA, 1993.

Peinado, J., Graeml, A., R., “Administração da Produção: Operações Industriais de Serviço”, UnicenP, Curitiba, 2007

“101 Kaizen templates: Spaghetti Diagram”,  
[http://www.gembapantarei.com/2008/02/101\\_kaizen\\_templates\\_spaghetti\\_diagram.html](http://www.gembapantarei.com/2008/02/101_kaizen_templates_spaghetti_diagram.html)

“Looking forward for smarter storage systems”,  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0BPC/is\\_9\\_33/ai\\_n35697032/pg\\_3/](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BPC/is_9_33/ai_n35697032/pg_3/)

“Air Force inventory - parts shortages are impacting operations and maintenance”, United States General Accounting Office, 2001

“Lean Implementation Steps, plan, roadmap, timeline”,  
<http://www.leansupermarket.com/servlet/Page?template=leanimplementationsteps%2Cplan%2Croadmap%2Ctimeline>

Brandt Benjamin, M., “Barriers to lean enterprise transformation: a case study of the F-16 avionics sustainment system”, Massachusetts Institute of Technology, 2003

Vários autores, “Implementing best purchasing and supply management practices”, RAND, Santa Monica, 2002

Rasteiro, G., “Estudo sobre a aplicação da tecnologia RFID em sistemas de kanban electrónico”, Universidade de São Paulo, 2009

Agripino, M., Cathcart, T., Mathaisel, D., “Alean Sustainment enterprise model for military systems”, Acquisition Review Quarterly, 2002

Pinto, J., P., “Lean thinking glossário de termos e acrónimos”, Comunidade lean thinking, 2008

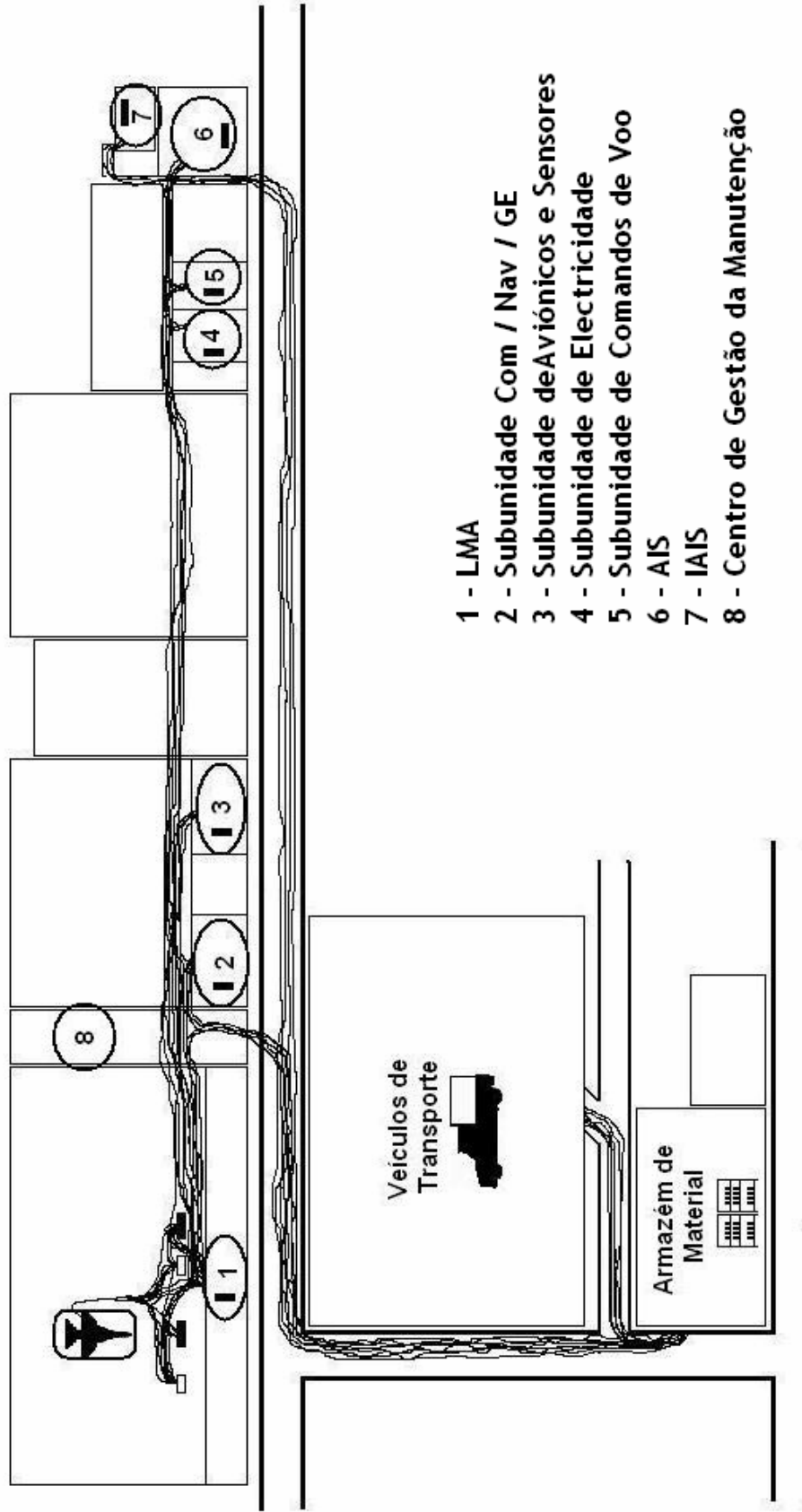
Goldsby, T., Martichenko, R., “Lean Six Sigma Logistics”, J. Ross Publishing, 2005

Rother, M., Shook, J., “Learning to See value stream mapping to add value and eliminate muda”, The lean enterprise institute, Massachusetts, 1999

## 8-Anexos

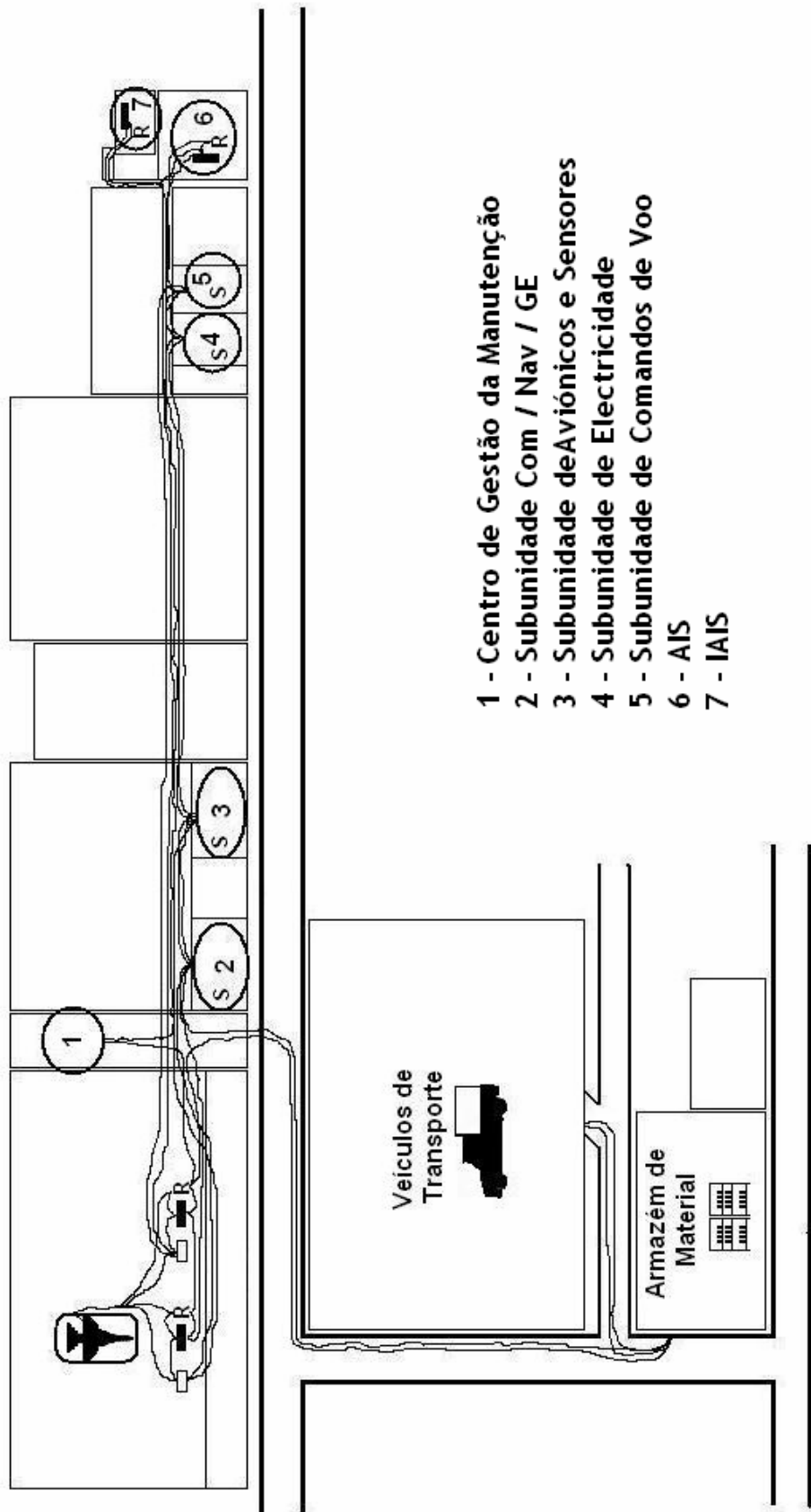
# Anexo 1 - Diagrama de Esparguete

(Actual)



## Anexo 2 - Diagrama de Esparguete

(Proposta de Melhoria)



### Anexo 3 - Tabela de dados Glenday Sieve

| DESIGNAÇÃO DA AVARIA  | NÚMERO DE TAREFAS | % DE TAREFAS | % CUMULATIVA | % CUMULATIVA DO TOTAL |
|---|-------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| REMOVER E INSTALAR TGP / FALHA NO TGP   | 204               | 9,20         | 9,20         | 12,057                |
| EFECTUAR "DOWNLOAD" DO SISTEMA "FACE"   | 122               | 5,50         | 14,70        | 12,057                |
| FALHA NO FCR / FCR INOPERACIONAL /<br>INSTALAR E REMOVER ANTENA FCR / FALHA<br>NO RADAR                     | 105               | 4,73         | 19,43        | 12,057                |
| INSTALAR E REMOVER ADAPTER POD ALQ 131<br>E ECM / FALHA NO ALQ  | 91                | 4,10         | 23,53        | 12,057                |
| REMOVER E INSTALAR PYLON  | 87                | 3,92         | 27,46        | 12,057                |
| LUBRICATE EXTERNAL POWER RECEPTACLE   | 69                | 3,11         | 30,57        | 12,057                |
| REMOVER E INSTALAR BATERIAS / EFECTUAR<br>TESTE DE CAPACIDADE E CARGA                                       | 67                | 3,02         | 33,59        | 12,057                |
| FALHA NO MLF MIDS / INSTALAR E REMOVER<br>MIDS  | 52                | 2,34         | 35,93        | 12,057                |
| ERRO / FALHA NO EVMS / ERRO NO SPS1000  | 42                | 1,89         | 37,83        | 12,057                |
| ERRO NO RWR   | 37                | 1,87         | 39,50        | 12,057                |
| CUMPRIR INSPECÇÕES VTQ201003 E<br>VTQ201001   | 37                | 1,87         | 41,16        | 12,057                |
| FALHA NO HMCS / JHMCS INOPERACIONAL OU<br>NÃO MOSTRA IMAGEM   | 37                | 1,87         | 42,83        | 12,057                |
| REMOVER E INSTALAR DVR / DVR NÃO GRAVA  | 37                | 1,87         | 44,50        | 12,057                |
| INSTALAR E REMOVER BEACON   | 37                | 1,87         | 46,17        | 12,057                |
| REMOVER E INSTALAR BATERIA DE INÉRCIA<br>(I.N.U.) / INSPECÇÃO BATERIA<br>/CARREGAMENTO DE BATERIA           | 36                | 1,62         | 47,79        | 12,057                |
| PERFORM AIRCRAFT GROUNDING<br>RECEPTACLE CONTINUITY CHECKOUT<br>PROCEDURE                                   | 35                | 1,58         | 49,37        | 12,057                |
| REMOVER E INSTALAR HUD / FALHA NO HUD   | 34                | 1,53         | 50,90        | 12,057                |
| INSPECT, LUBRICATE ELECTRICAL<br>CONNECTORS AND PERFORM ELECTRICAL<br>CHECKOUT OF ENGINE FUEL SHUTOFF VALVE | 34                | 1,53         | 52,43        | 68,085                |
| FALHA NO MFD / MFD INOPERACIONAL  | 30                | 1,35         | 53,79        | 68,085                |
| FALHA NOS RÁDIOS UHF E VHF / COM<br>TRANSMISSÃO IMPERCEPTÍVEL / MUITO<br>RUIDOSO                            | 27                | 1,22         | 55,00        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR AVTR E RACK PARA<br>ACESSO / AVTR NÃO GRAVA  | 25                | 1,13         | 56,13        | 68,085                |
| IDM INOPERACIONAL   | 24                | 1,08         | 57,21        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR RADAR TRANSMITTER  | 24                | 1,08         | 58,30        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F -16-6551   | 23                | 1,04         | 59,33        | 68,085                |
| BACKUP DO PAINEL IFF / IFF NÃO TRANSMITE /<br>IFF INOPERACIONAL   | 22                | 0,99         | 60,32        | 68,085                |
| ANOMALIA NO MMC   | 22                | 0,99         | 61,32        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR SEU / SUBSTITUIR SEU   | 21                | 0,95         | 62,26        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-6549  | 20                | 0,90         | 63,17        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-6553  | 20                | 0,90         | 64,07        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-6546  | 19                | 0,86         | 64,92        | 68,085                |
| SALTOU O BIT BALL ABC / REMOVER E<br>INSTALAR ABC CONTROL BOX   | 19                | 0,86         | 65,78        | 68,085                |
| CUMPRIR VTQ201002   | 19                | 0,86         | 66,64        | 68,085                |
| FALHA NO FLCS / CHECKS AO FLCS  | 19                | 0,86         | 67,49        | 68,085                |
| EFECTUAR " FLIGHT CONTROL CHECKOUT"<br>(JG27-00-27)   | 19                | 0,86         | 68,35        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO KLU 1F-16-8082   | 18                | 0,81         | 69,16        | 68,085                |
| LINK 16 NÃO FUNCIONA  | 17                | 0,77         | 69,93        | 68,085                |
| EFECTUAR TESTE AO MFL MC  | 17                | 0,77         | 70,69        | 68,085                |
| FALHA NO RADAR FCR XMTR / REMOVER E<br>INSTALAR FCR TRANSMITTER   | 17                | 0,77         | 71,46        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR FCC PARA ACESSO /<br>FALHA NO FLIGHT CONTROL COMPUTER                                    | 17                | 0,77         | 72,23        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR ADI / FALHA NO ADI   | 17                | 0,77         | 72,99        | 68,085                |
| SECURE VOICE CRYPTO KY-58 NÃO FUNCIONA  | 16                | 0,72         | 73,72        | 68,085                |

| DESIGNAÇÃO DA AVARIA  | NÚMERO DE TAREFAS | % DE TAREFAS | % CUMULATIVA | % CUMULATIVA DO TOTAL |
|---|-------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| CUMPRIR TCTO KLU 1F-18-8057   | 16                | 0,72         | 74,44        | 68,085                |
| INSPECCÕES AO ECM POD ADAPTER   | 15                | 0,68         | 75,11        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO 1F-18-5844   | 15                | 0,68         | 75,79        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR TDU / TDU INOP   | 14                | 0,63         | 76,42        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO KLU 1F-18-8074   | 14                | 0,63         | 77,05        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR SENSORES WHEEL SPEED (DIREITO E ESQUERDO)                      | 14                | 0,63         | 77,68        | 68,085                |
| PERFORM GPS OPERATIONAL CHECKOUT (JG94-65-01) / FALHA NO GPS                      | 13                | 0,59         | 78,27        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR CADC / FALHA NO MFL CADC / DUAL FC WITH ADC, CADC AND P        | 13                | 0,59         | 78,85        | 68,085                |
| FALHA NO DTE  | 12                | 0,54         | 79,40        | 68,085                |
| FALHA NO ECA / REMOVER E INSTALAR ECA   | 12                | 0,54         | 79,94        | 68,085                |
| ATD INOPERACIONAL / FINALIZAR INSTALAÇÃO DO ATD / REMOVER E INSTALAR ATD          | 11                | 0,50         | 80,43        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR GERADOR 40KVA  | 11                | 0,50         | 80,93        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR C.S.D (CONSTANT SPEED DRIVE)                                   | 11                | 0,50         | 81,42        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR LPRF/FALHA NO LPRF   | 10                | 0,45         | 81,88        | 68,085                |
| SUSPEITA DE OVER G  | 10                | 0,45         | 82,33        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR CARA SDC.  | 10                | 0,45         | 82,78        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-18-6554  | 10                | 0,45         | 83,23        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR RPM INDICATOR  | 10                | 0,45         | 83,68        | 68,085                |
| AOA INDEX LIGHT INOPERACIONAL   | 10                | 0,45         | 84,13        | 68,085                |
| FALHA NA LÂMPADA PROBE HEAT   | 10                | 0,45         | 84,58        | 68,085                |
| AIFF INOPERACIONAL / DANIFICADO   | 9                 | 0,41         | 84,99        | 68,085                |
| HSI NÃO FUNCIONA  | 9                 | 0,41         | 85,39        | 68,085                |
| ANALIZER NÃO FAZ UPLOAD DO FICHEIRO SM / PROGRAMAR ANALIZER / SUBSTITUIR ANALIZER | 9                 | 0,41         | 85,80        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR SENSORES ANTISKID (DIREITO E ESQUERDO)                         | 9                 | 0,41         | 86,20        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR DTU (DATA TRANSFER UNIT)                                       | 9                 | 0,41         | 86,61        | 68,085                |
| FALHA NO UFC  | 9                 | 0,41         | 87,02        | 68,085                |
| CHECKS AO AIR DATA SYSTEM   | 9                 | 0,41         | 87,42        | 68,085                |
| ERRO NO EVMU / REMOVER E INSTALAR EVMU  | 8                 | 0,36         | 87,78        | 68,085                |
| INSTALAR KIV6   | 8                 | 0,36         | 88,14        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-18-6552  | 8                 | 0,36         | 88,50        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO KLU 1F -18- 8000   | 8                 | 0,36         | 88,86        | 68,085                |
| LIGAR E DESLIGAR EPU / ANOMALIA NO EPU  | 8                 | 0,36         | 89,22        | 68,085                |
| FALHA NO RADAR ALTIMETRO  | 8                 | 0,36         | 89,59        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-18-6505  | 8                 | 0,36         | 89,95        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR LEFT AOA PROBE TRANSMITER                                      | 8                 | 0,36         | 90,31        | 68,085                |
| FALHA NO CLOCK  | 8                 | 0,36         | 90,67        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-18-6544  | 7                 | 0,32         | 90,98        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR FTIT INDICATOR   | 7                 | 0,32         | 91,30        | 68,085                |
| RATE GYROS POLARITY CHECKS (MAP 720731-D0010-P175)                                | 7                 | 0,32         | 91,61        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO 1F-18-2533.  | 6                 | 0,27         | 91,88        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR SDP  | 6                 | 0,27         | 92,16        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-18-6510  | 6                 | 0,27         | 92,43        | 68,085                |
| SPEED BRAKE SWITCH ADJUSTMENT (MAP 750036 - D0010-P03)                            | 6                 | 0,27         | 92,70        | 68,085                |
| FALHA NO JAMMER   | 5                 | 0,23         | 92,92        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO 5840 (MAP 750066 - D0010-P986)                                       | 5                 | 0,23         | 93,15        | 68,085                |
| NWS INOPERACIONAL   | 5                 | 0,23         | 93,37        | 68,085                |
| REMOVER E INSTALAR CAUTION LIGHT PANEL  | 5                 | 0,23         | 93,60        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 12P5-2LN260-6501  | 5                 | 0,23         | 93,82        | 68,085                |
| FALHA NA LUZ ADC  | 5                 | 0,23         | 94,05        | 68,085                |
| CARREGAR TAPE SPS   | 4                 | 0,18         | 94,23        | 68,085                |
| LIGHT INDICATOR MARKER BEACON INOPERACIONAL                                       | 4                 | 0,18         | 94,41        | 68,085                |
| EFECTUAR OP CHECK jg34-00-01  | 4                 | 0,18         | 94,59        | 68,085                |

| DESIGNAÇÃO DA AVARIA  | NÚMERO DE TAREFAS | % DE TAREFAS | % CUMULATIVA | % CUMULATIVA DO TOTAL |
|---|-------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| PERFORM DIGITAL DATA COMMUNICATION BIT (JG23-80-01)                     | 4                 | 0,18         | 94,77        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-8512  | 4                 | 0,18         | 94,95        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO 6515 (MAP 720086- D0010-P997)                              | 4                 | 0,18         | 95,13        | 68,085                |
| CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-8548  | 4                 | 0,18         | 95,31        | 87,234                |
| SUBSTITUIR CABLAGEM W1721   | 4                 | 0,18         | 95,49        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR CAIXA DE CONTROLO DO SISTEMA DE TRAVAGEM             | 4                 | 0,18         | 95,67        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR INVERTER BRANCH C                                    | 4                 | 0,18         | 95,85        | 87,234                |
| CONJUNTO ILUMINAÇÃO PAINEL ESQUERDO L/T DANIFICADO                      | 4                 | 0,18         | 96,03        | 87,234                |
| RETIRAR BATTERY CONTROL RELAY ASSY PARA ACESSO                          | 4                 | 0,18         | 96,21        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR CPDG   | 4                 | 0,18         | 96,39        | 87,234                |
| PERFORM UFCS OPERATIONAL CHECKOUT (JG94-75-01)                          | 4                 | 0,18         | 96,57        | 87,234                |
| FALHA NO ALTIMETRO  | 4                 | 0,18         | 96,75        | 87,234                |
| CUMPRIR TCTO 1F-16-8543   | 4                 | 0,18         | 96,93        | 87,234                |
| MOSSA NA PONTA DO TUBO PITOT  | 4                 | 0,18         | 97,11        | 87,234                |
| PERFORM MDS   | 3                 | 0,14         | 97,25        | 87,234                |
| EFFECTUAR OP CHECK jg99-00-24   | 3                 | 0,14         | 97,39        | 87,234                |
| CUMPRIMENTO PARCIAL DA TCTO 1F-16-2481                                  | 3                 | 0,14         | 97,52        | 87,234                |
| EFFECTUAR OP. CHECK JG33-00-21  | 3                 | 0,14         | 97,66        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR INVERTER BRANCH D                                    | 3                 | 0,14         | 97,79        | 87,234                |
| LUZ MASTER CAUTION NÃO FAZ RESET EM NORMAL E EM NVIS                    | 3                 | 0,14         | 97,93        | 87,234                |
| EFFECTUAR OP. CHECK LANDING LIGHT, TAXI LIGHT                           | 3                 | 0,14         | 98,06        | 87,234                |
| TAKE OFF & LANDING OPERATIONAL CHECK (MAP: 750751 - D0010-P170).        | 3                 | 0,14         | 98,20        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR HYD INDICATOR  | 3                 | 0,14         | 98,33        | 87,234                |
| SERVO R LIGHT FROM VERTICAL STABILIZER GOES ON WITH PITCH OVERRIDE      | 3                 | 0,14         | 98,47        | 87,234                |
| NOSE GEAR INDICATION LIGHT INOPERACIONAL                                | 2                 | 0,09         | 98,56        | 87,234                |
| CUMPRIR TCTO KLU 1F-16-8079   | 2                 | 0,09         | 98,65        | 87,234                |
| EFFECTUAR OP. CHECK JG27-80-01  | 2                 | 0,09         | 98,74        | 87,234                |
| TURNO NEEDLE INOP   | 2                 | 0,09         | 98,83        | 87,234                |
| ESTAÇÃO 5B INOP   | 2                 | 0,09         | 98,92        | 87,234                |
| INS AA 64=36 PERFORM EIA  | 2                 | 0,09         | 99,01        | 87,234                |
| REMOVER E INSTALAR TRANSDUCER   | 2                 | 0,09         | 99,10        | 12,766                |
| INS FAIL TO TRANSITION FROM STORE ADG TO NAV...                         | 2                 | 0,09         | 99,19        | 12,766                |
| AUTO PILOT INOP / INDICADOR DE ROLL NO PAINEL DE TRIM COM VISOR PARTIDO | 2                 | 0,09         | 99,28        | 12,766                |
| ASSISTÊNCIA A M1P   | 2                 | 0,09         | 99,37        | 12,766                |
| DESLIGAR/LIGAR WIRING HARNESS DA NOSE RADOME                            | 1                 | 0,05         | 99,41        | 12,766                |
| LUZ DE LEF NÃO FAZ RESET  | 1                 | 0,05         | 99,46        | 12,766                |
| MUDAR COR DAS MARCAS NOS MANÓMETROS DE INDICAÇÃO DE PRESSÃO HIDRÁULICA  | 1                 | 0,05         | 99,50        | 12,766                |
| NO AVISO DE WARN TONE 111 +- 31 KIAS                                    | 1                 | 0,05         | 99,55        | 12,766                |
| INS FAIL TO TRANSITION FROM STORE ADG TO NAV...                         | 1                 | 0,05         | 99,59        | 12,766                |
| COF. CANOPY   | 1                 | 0,05         | 99,64        | 12,766                |
| OPF IS STILL M5.1 UNABLE TO LOAD DTC                                    | 1                 | 0,05         | 99,68        | 12,766                |
| RDR BLEKER FAIL   | 1                 | 0,05         | 99,73        | 12,766                |
| NO IMAGE OFF TV AND FLIR AFTER LOADED SI E115 AND E117.                 | 1                 | 0,05         | 99,77        | 12,766                |
| INS O29 BATT WARN   | 1                 | 0,05         | 99,82        | 12,766                |
| COOF DA CAMARA  | 1                 | 0,05         | 99,86        | 12,766                |
| SMAL PEECE IN DFC BELOW BUTON   | 1                 | 0,05         | 99,91        | 12,766                |
| FIO PARTIDO NA FICHA 3985P456   | 1                 | 0,05         | 99,95        | 12,766                |
| WEAPON CONSENT REMAINS ON UNTIL MODE CHANGE                             | 1                 | 0,05         | 100,00       | 12,766                |

## Anexo 4 - Estrutura do Mapeamento da Cadeia de Valor

| Estrutura do mapeamento da cadeia de valor |   |                                   |   |                    |
|--|---|-----------------------------------|---|--------------------|
| Categoria                                  | Sub-categoria                           | Símbolo                           | Designação do símbolo                   | Categoria de MMLT  |
| Avaria no componente                       |   |                                   | Avaria no componente                    | MMTO, MMTR<br>MMTY |
| Processo                                   | Comunicação                             |                                   | Registo da avaria                       | MMTO               |
|  |   |                                   | Requisição do material                  | MMTO               |
|  | Identificação                           |                                   | Identificação do problema               | MMTO               |
|  |   |                                   | Identificação dos recursos              | MMTO               |
|  | Localização                             |                                   | Localização dos recursos                | MMTO               |
|  | Ordem de trabalho                       |                                   | Efectuar obra de manutenção             | MMTO               |
|  |   |                                   | Terminar obra de manutenção             | MMTO               |
|  | Reparação                               |                                   | Reparar o componente                    | MMTR               |
| Entrega                                    |   | Instalar o componente na aeronave | MMTY                                    |                    |
| Fluxo de pessoas e material                | Seta de avanço                          |                                   | Seta de avanço                          | MMTO, MMTR<br>MMTY |
|  | Seta Descendente                        |                                   | Seta Descendente                        | MMTO               |
| Fluxo de informação                        | Manual                                  |                                   | Manual                                  | MMTO, MMTR<br>MMTY |
|  | Electrónica                             |                                   | Electrónica                             | MMTO, MMTR<br>MMTY |
| Caixa de dados                             |   |                                   | Caixa de dados                          | MMTO, MMTR<br>MMTY |
| Atraso                                     | Mecânico indisponível                   |                                   | Mecânico indisponível                   | MMTO               |
|  | Componentes e ferramentas indisponíveis |                                   | Componentes e ferramentas indisponíveis | MMTO               |
|  | Falta de pessoal necessário             |                                   | Falta de pessoal necessário             | MMTO, MMTY         |
|  | Atraso na entrega do abastecimento      |                                   | Atraso na entrega do abastecimento      | MMTO               |
| Linha Temporal                             |   |                                   | Linha Temporal                          | MMTO, MMTR<br>MMTY |

Anexo 7 - Material Extra Kanban encomendado no primeiro trimestre de 2011

| Data      | Designação | Sector                      | Quantidade |
|-----------|------------|-----------------------------|------------|
| 05-Jan-11 | TERMINAL   | SEC. ELECT. INST.           | 75         |
| 26-Jan-11 | CONTACT    | SEC. ELECT. INST.           | 30         |
| 01-Fev-11 | TERMINAL   | SEC. ELECT. INST.           | 20         |
| 01-Fev-11 | TERMINAL   | SEC. ELECT. INST.           | 20         |
| 24-Mar-11 | BEARING,   | SEC. ELECT. INST.           | 10         |
| 24-Mar-11 | BEARING    | SEC. ELECT. INST.           | 10         |
| 24-Mar-11 | BUSHING    | SEC. ELECT. INST.           | 10         |
| 24-Mar-11 | SPACER,S   | SEC. ELECT. INST.           | 10         |
| 24-Fev-11 | FUSE       | SEC. ELECT. INST.           | 3          |
| 24-Mar-11 | CLAMP      | SEC. ELECT. INST.           | 3          |
| 04-Fev-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 2          |
| 24-Mar-11 | CLAMP      | SEC. ELECT. INST.           | 2          |
| 04-Jan-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 11-Mar-11 | PANEL      | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 23-Mar-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 23-Mar-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 23-Mar-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 23-Mar-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 23-Mar-11 | CONNECTO   | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 24-Mar-11 | BACKSHE    | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 24-Mar-11 | CLAMP      | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 24-Mar-11 | CLAMP      | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 24-Mar-11 | CLAMP      | SEC. ELECT. INST.           | 1          |
| 31-Jan-11 | SCREW      | SEC. IAIS                   | 10         |
| 16-Fev-11 | SCREW      | SEC. IAIS                   | 4          |
| 04-Jan-11 | RELAYK1    | SEC. IAIS                   | 1          |
| 06-Jan-11 | DRAHT, E   | SEC.COM. RADIO/AJUDA        | 150        |
| 31-Jan-11 | CONTACT    | SEC.COM. RADIO/AJUDA        | 100        |
| 06-Jan-11 | SPLICE,C   | SEC.COM. RADIO/AJUDA        | 45         |
| 24-Mar-11 | FASTENER   | SEC.COM. RADIO/AJUDA        | 4          |
| 21-Mar-11 | SPRING,H   | SEC.COM. RADIO/AJUDA        | 2          |
| 21-Mar-11 | STRAP      | SECTOR COMANDOS DE VOO      | 50         |
| 25-Jan-11 | GROMMET,   | SECTOR COMANDOS DE VOO      | 10         |
| 25-Jan-11 | GROMMET    | SECTOR COMANDOS DE VOO      | 10         |
| 30-Mar-11 | CLIP       | SECTOR COMANDOS DE VOO      | 6          |
| 21-Mar-11 | TUBE ASS   | SECTOR COMANDOS DE VOO      | 1          |
| 28-Jan-11 | SLEEVE     | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 30         |
| 10-Mar-11 | SCREW      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 30         |
| 31-Mar-11 | SCREW      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 20         |
| 31-Mar-11 | SCREW      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 20         |
| 11-Jan-11 | SLEEVING   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 11-Jan-11 | INSULATI   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 11-Jan-11 | SLEEVING   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 11-Jan-11 | INSULATI   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 11-Jan-11 | INSULATI   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 11-Jan-11 | INSULATI   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 15-Fev-11 | CONNECTO   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 10         |
| 06-Jan-11 | SCREW      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 8          |
| 11-Jan-11 | PIN        | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 5          |
| 04-Fev-11 | COVER      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 4          |
| 17-Mar-11 | SCREW      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 4          |
| 06-Jan-11 | PLATE      | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 2          |
| 15-Mar-11 | CONNECTO   | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 2          |
| 02-Mar-11 | PLUG       | SECTOR COMUNICAÇÕES NAV E C | 1          |

## Anexo 8 - Acções de manutenção para cada avaria

|                      |   |
|----------------------|---|
| Nº1 do TOP 20        | REMOVER E INSTALAR TGP / FALHA NO TGP   |
| Acções de Manutenção | Remover o TGP da aeronave   |
|                      | Instalar o TGP e testar o seu comportamento   |
|                      | Substituir o POD TGP e testar o seu comportamento   |
|                      | Avaria fechada pelo piloto  |
|                      | Remover TGP para efectuar a inspecção de fase de 300h   |
|                      | Introduzir OFP  |
| Nº2 do TOP 20        | EFFECTUAR "DOWNLOAD" DO SISTEMA "FACE"  |
| Acções de Manutenção | Efectuar o download   |
| Nº3 do TOP 20        | FALHA NO FCR / FCR INOPERACIONAL / INSTALAR E REMOVER ANTENA FCR / FALHA NO RADAR                 |
| Acções de Manutenção | Testar o comportamento do FCR   |
|                      | Avaria fechada pelo piloto  |
|                      | Reparar FCR   |
|                      | Instalar o software OFP no FCR  |
|                      | Instalar e remover antena FCR   |
| Nº4 do TOP 20        | INSTALAR E REMOVER ADAPTER POD ALQ 131 E ECM / FALHA NO ALQ                                       |
| Acções de Manutenção | Testar no solo o funcionamento do ALQ-131   |
|                      | Remover o POD ALQ-131   |
|                      | Reparar o ALQ-131   |
|                      | Carregar nova OFP   |
|                      | Instalar o ALQ-131  |
| Nº5 do TOP 20        | REMOVER E INSTALAR PYLON  |
| Acções de Manutenção | Remover e instalar pylon  |
| Nº6 do TOP 20        | LUBRICATE EXTERNAL POWER RECEPTACLE   |
| Acções de Manutenção | Efectuar a lubrificação   |
| Nº7 do TOP 20        | REMOVER E INSTALAR BATERIAS / EFFECTUAR TESTE DE CAPACIDADE E CARGA                               |
| Acções de Manutenção | Retirar e instalar baterias   |
|                      | Efectuar teste de capacidade e carga à bateria  |
| Nº8 do TOP 20        | FALHA NO MLF MIDS / INSTALAR E REMOVER MIDS   |
| Acções de Manutenção | Instalar e remover terminal MIDS  |
|                      | Substituir RTS MIDS   |
|                      | Carregar chaves krypto  |
|                      | Carregada OFP   |
|                      | Efectuar teste ao MIDS  |
| Nº9 do TOP 20        | ERRO / FALHA NO EWMS / ERRO NO SPS1000  |
| Acções de Manutenção | Carregar TAPE no SPS1000  |
|                      | Reparar SPS1000   |
|                      | Efectuar testes BIT   |
|                      | Reset ao MFL  |
| Nº10 do TOP 20       | ERRO NO RWR   |
| Acções de Manutenção | Teste ao audio e vídeo  |
|                      | Reparar cablagem  |
|                      | Testar o sistema em voo   |
|                      | Reparar falha no RWR  |
|                      | Teste no solo à interface RWR   |
| Nº11 do TOP 20       | CUMPRIR INSPECÇÕES VTQ201003 E VTQ201001  |
| Acções de Manutenção | Efectuar inspecção visual quanto a chaffing na cablagem e verificar a segurança geral circundante |
|                      | Inspeção aos condutores electricos em conector do engine oil pressure switch                      |
| Nº12 do TOP 20       | FALHA NO HMCS / JHMCS INOPERACIONAL OU NÃO MOSTRA IMAGEM  |
| Acções de Manutenção | Efectuar mapping e checkout no JHMCS  |
|                      | Reparação de pinos em ficha da HMCS EU  |
|                      | Testar o HMCS   |
|                      | Anomalia fechada pelo piloto  |
|                      | Reparar cablagem devido a falha no JHMCS Selector   |
|                      | Verificar todas as fichas do Sistema JHMCS  |
| Nº13 do TOP 20       | REMOVER E INSTALAR DVR / DVR NÃO GRAVA  |
| Acções de Manutenção | Substituir DVR  |
|                      | Remover, Instalar e testar DVR  |
|                      | Substituir cablagem de vídeo do DVR   |
|                      | Efectuar isolamento nas cablagens do DVR  |
|                      | Reparar a porta DVR   |
| Nº14 do TOP 20       | INSTALAR E REMOVER BEACON   |
| Acções de Manutenção | Substituir Beacon para TLP  |
|                      | Inspeção de 12 meses ao Beacon (VADR)   |
|                      | Instalar e remover Beacon   |

|                      |   |
|----------------------|---|
| Nº15 do TOP 20       | REMOVER E INSTALAR BATERIA DE INÉRCIA (I.N.U.) / INSPECÇÃO BATERIA /CARREGAMENTO DE BATERIA           |
| Acções de Manutenção | Carregar bateria I.N.U. e efectuar teste  |
|                      | Remover e instalar I.N.U.   |
|                      | Devolver bateria I.N.U. por TLP   |
| Nº16 do TOP 20       | PERFORM AIRCRAFT GROUNDING RECEPTACLE CONTINUITY CHECKOUT PROCEDURE                                   |
| Acções de Manutenção | Efectuar o checkout   |
| Nº17 do TOP 20       | REMOVER E INSTALAR HUD / FALHA NO HUD   |
| Acções de Manutenção | Substituir HUD PDU  |
|                      | Remover e instalar HUD  |
|                      | Efectuar boresight ao HUD   |
| Nº18 do TOP 20       | INSPECT, LUBRICATE ELECTRICAL CONNECTORS AND PERFORM ELECTRICAL CHECKOUT OF ENGINE FUEL SHUTOFF VALVE |
| Acções de Manutenção | Efectuar o checkout   |
| Nº19 do TOP 20       | FALHA NO MFD / MFD INOPERACIONAL  |
| Acções de Manutenção | Efectuar teste ao sistema MFD   |
|                      | Introduzir software do CPDG   |
|                      | Anomalia fechada pelo piloto  |
|                      | Instalar OFP nos MFD's  |
|                      | Substituir baterias do CPDG   |
| Nº20 do TOP 20       | FALHA NOS RÁDIOS UHF E VHF / COM TRANSMISSÃO IMPERCEPTÍVEL / MUITO RUIDOSO                            |
| Acções de Manutenção | Substituir R/T UHF  |
|                      | Substituir VHF  |
|                      | Remover e instalar rádios   |
|                      | Substituir E/R UHF  |
|                      | Substituir cablagem da antena UHF   |
|                      | Testar os rádios no solo  |

Mapeamento da cadeia de valor (situação actual)



Mapeamento da cadeia de valor (situação futura)

