



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Optimização da Cadeia Logística do F-16 Sistemas Mecânicos, Hidráulicos e Motor

Nuno Miguel da Cunha Bajouco

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

Orientador: Prof. Doutor José Lourenço da Saúde
Co-orientador: Tenente-Coronel Engenheiro Aeronáutico Pedro Salvada

Covilhã, Outubro de 2011

Folha em branco

Dedicatória

Aos meus pais.

Folha em branco

Agradecimentos

É nesta altura que se deve recordar todos os que contribuíram para que conseguisse alcançar esta meta tão importante da minha vida pessoal e académica, pelo que agradeço aos meus pais, Mário Bajouco e Susana Cunha, pelo apoio que sempre me deram e pela compreensão, à minha namorada Cátia Almeida e a todos os meus familiares pela ajuda e encorajamento em todos os momentos.

Ao Professor Doutor José Lourenço da Saúde um profundo agradecimento pela oportunidade e disponibilidade que sempre demonstrou, ao Tenente-Coronel Engenheiro Aeronáutico Pedro Salvada, sempre disponível e atento, um sentido agradecimento pelos conselhos e acompanhamento ao longo da elaboração deste trabalho.

Não posso deixar de referir também toda a equipa da Base Aérea nº 5 com quem trabalhei, em particular o Major Pedro Santos, o Major Paulo Santos, o Capitão João Silva, o Capitão Casimiro e o Capitão Martinho, pela constante disponibilidade e pelo modo como tornaram a minha passagem pela Base Aérea nº 5 uma experiência a recordar, o meu muito obrigado.

Por fim aos meus amigos e companheiros da UBI um grande bem-hajam pelo apoio incondicional em todas as ocasiões.

Folha em branco

Resumo

A filosofia *Lean* é considerada uma das metodologias mais eficazes na gestão e organização empresarial da actualidade, permitindo aumentar a produtividade de uma forma equilibrada e sustentável, eliminando os desperdícios associados, baseando-se na constante procura da excelência, aprendizagem e melhoria contínua dos processos.

Este trabalho consiste na averiguação dos resultados obtidos através da implementação da metodologia *Lean Management*, nomeadamente a utilização do sistema *Kanban*, nas várias Secções que efectuem a manutenção da aeronave F-16 da Força Aérea Portuguesa, na Base Aérea nº 5, e comprovar a sua eficácia na melhoria e consolidação de todo o circuito de manutenção, obtendo assim a redução dos vários desperdícios de tempo e excesso de material, identificados nos processos de reparação.

O estudo para esta Dissertação foi realizado na Base Aérea nº5 da Força Aérea Portuguesa, na Esquadra de Manutenção e na Esquadra de Abastecimento, entidades responsáveis pela reparação da aeronave F-16 e fornecimento de material aos hangares de manutenção da BA5. As três áreas objecto deste estudo são: Esquadilha de Manutenção de Combustível/Hidrazina, Esquadilha de Manutenção de Pneudráulicos e Esquadilha de Manutenção de Motores, que efectuem manutenção dos respectivos sistemas.

A análise foi efectuada através da consulta de registos produzidos pelas Esquadras e pelo Centro de Gestão de Manutenção (CGM), bem como assistindo no local às intervenções feitas, tendo como objectivo verificar se as alterações efectuadas surtiam efeitos positivos e quais os pontos onde se deveria melhorar, com especial destaque para a análise e verificação da adequação das alterações efectuadas nas várias áreas de manutenção através do sistema *kanban*, e ainda uma contabilização do material em excesso tendo no final uma perspectiva dos valores poupados e da melhoria dos processos.

Palavras-chave

Lean Management, Supply Chain, Logística, Kanban, Sistema de Armas F-16

Folha em branco

Abstract

The Lean philosophy is considered one of the most effective methodologies in management and business organization nowadays. It allows for an increase of productivity, in a balanced and sustainable way, eliminating the associated wastage and is founded in the constant search for excellent, knowledge and continuous improvement of the processes.

This work analyses the results obtained from the implementation of the Lean Management methodology, specifically in the utilization of the Kanban system in the various sections that perform maintenance to the Portuguese Air Force F-16 aircraft, in the Air Base number 5. It intends to confirm the methodology's efficacy in improving and consolidating the maintenance network to allow the reduction of the time and material wastage identified in the reparation process.

The study for this thesis was accomplished in the Maintenance Squadron and the Supply Squadron of the Portuguese Air Force Air Base number 5, which are responsible for the F-16 aircraft reparation and for providing material for the maintenance hangars of the BA5. The three areas of focus for this study are: Fuel/Hydrazine Maintenance Squadron, Pneudraulics Squadron and Motor Maintenance Squadron, which perform the maintenance of their corresponding systems.

The analysis was performed by examining the records produced by the Squadrons and by the CGM (Centro de Gestão de Manutenção - Maintenance Management Center), as well as attending local interventions. The main goal was to verify if the changes performed produced positive results and identify which areas could be improved. Special attention was given to the analysis and verification of the customization of the alterations performed in all maintenance areas through the kanban system. Furthermore, the excess material was calculated, determining the saved assets and the processes improvement.

Keywords

Lean Management, Supply Chain, Logística, Kanban, F-16 Weapon System

Folha em branco

Índice

1 Introdução	1
1.1 Secção 1 - Objectivos	2
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Secção 1 - Origem da Filosofia <i>Lean</i>	3
2.1.1 Subsecção 1 - Do TPS ao <i>Lean</i>	4
2.1.2 Subsecção 2 - Princípios do <i>Lean Management</i>	5
2.1.3 Subsecção 3 - Metodologias e Ferramentas <i>Lean</i>	8
2.2 Secção 2 - Sistema JIT (<i>Just-In-Time</i>)	15
2.2.1 Subsecção 1 - Características do Sistema JIT.	15
2.2.2 Subsecção 2 - Sistema <i>Kanban</i>	18
2.3 Secção 3 - Gestão da Cadeia de Abastecimento e Logística	23
2.3.1 Subsecção 1 - Definição de Gestão da Cadeia de Abastecimento GCA.	23
2.3.2 Subsecção 2 - Logística.	26
2.4 Secção 4 - Glenday Sieve.	28
2.4.1 Subsecção 1 - Definição e Aplicabilidade.	28
2.4.2 Subsecção 2 - Categorias de Produtos.	30
2.4.3 Subsecção 3 - <i>Runners, Repeaters, Strangers</i>	32
3 <i>Lean Techniques</i> : aplicação na cadeia logística da aeronave F-16.	33
3.1 Secção 1 - Sistema de Armas F-16 MLU.	33
3.2 Secção 2 - Técnicas <i>Lean</i> aplicadas na cadeia logística do F-16.	37
3.2.1 Subsecção 1 - Visão Global da Manutenção do F-16.	37
3.2.2 Subsecção 2 - Gestão <i>Lean</i> na Cadeia Logística do F-16.	41
3.2.3 Subsecção 3 - Recolha de dados de 2010 e primeira análise.	49
3.2.4 Subsecção 4 - Dados e análise das secções em estudo.	51
3.2.5 Subsecção 5 - Balanço primário da manutenção do F-16.	67
3.3 Secção 3 - Aplicação do método <i>Glenday Sieve</i>	68
4 Conclusões.	74
4.1 Secção 1 - Recomendações e trabalho futuro.	75
Bibliografia.	77
Anexos.	80
Anexo 1 - Desperdício no circuito do material para a manutenção.	81
Anexo 2 - Circuito do material para a manutenção (mecânico).	91
Anexo 3 - Circuito do material para a manutenção (abastecimento).	92
Anexo 4 - Dados dos <i>Kanbans</i> relativos a 2011.	94

Folha em branco

Lista de Figuras

- Figura 1 - Representação do edifício TPS conjugado com os conceitos *Lean*.
- Figura 2 - Um dos formatos utilizados no método A3 (PDCA).
- Figura 3 - Exemplo de elaboração do Mapeamento da Cadeia de Valor.
- Figura 4 - Filosofia *Lean* e Sistema *JIT*.
- Figura 5 - Diagrama de funcionamento do sistema *kanban*.
- Figura 6 - Exemplos de *kanbans*.
- Figura 7 - Lockheed Martin F-16 MLU Fighting Falcon da Força Aérea Portuguesa.
- Figura 8 - Lockheed Martin F-16 MLU Fighting Falcon da FAP na BA5.
- Figura 9 - Preparação de um F-16 na Doca 4 para um teste de voo.
- Figura 10 - Situação Futura da Cadeia de Abastecimento do F-16.
- Figura 11 - Pormenor do esquema da Situação Futura da Cadeia de Abastecimento do F-16.
- Figura 12 - Modificações no *layout* dos armazéns e hangares.
- Figura 13 - Esquema de funcionamento do abastecimento de material.
- Figura 14 - Concepção inicial dos *kanbans*.
- Figura 15 - Exemplo de *Kamishibai Kanban Audit*.
- Figura 16 - Novo modelo de *kanban* em funcionamento, implementado em 2011.
- Figura 17 - Pormenor do novo modelo de *kanban*.

Folha em branco

Lista de Tabelas

- Tabela 1 - Focos da Gestão da Cadeia de Abastecimento.
- Tabela 2 - Exemplo de agrupamento de dados pelo método Glenday Sieve.
- Tabela 3 - Exemplo de tabela resultante da análise de dados pelo método Glenday Sieve.
- Tabela 4 - Horas de Voo e Regime de Esforço relativos ao ano de 2009.
- Tabela 5 - Número de Avarias por Horas de Voo relativas ao ano de 2009.
- Tabela 6 - Requisições de material da LMA - 2009.
- Tabela 7 - Número inicial de caixas definido para cada sector.
- Tabela 8 - Horas de Voo e Regime de Esforço relativos ao ano de 2010.
- Tabela 9 - Códigos de Avaria e sua descrição.
- Tabela 10 - Diferença entre CAV total e CAV efectivo.
- Tabela 11 - Número de CAV Efectivo por Horas de Voo relativos ao ano de 2010.
- Tabela 11.1 - Número de CAV Total por Horas de Voo relativos ao ano de 2010.
- Tabela 12 - Vinte principais avarias da SMM no ano de 2010.
- Tabela 13 - Lista final de avarias e número de vezes que foram efectuadas na SMM.
- Tabela 14 - Lista de CUT, número das caixas, nível de material no *kanban* e número de itens repostos na SMM.
- Tabela 15 - Vinte principais avarias de SMP no ano de 2010.
- Tabela 16 - Lista final de avarias da SMP e caixas utilizadas na reparação das mesmas.
- Tabela 17 - Número das caixas, nível de material e número de itens repostos no *kanban* da SMP.
- Tabela 18 - Vinte principais avarias da SMC no ano de 2010.
- Tabela 19 - Lista final de avarias e número de vezes que foram efectuadas na SMC.
- Tabela 20 - Lista de CUT e respectivo número das caixas utilizadas no *kanban* da SMC.
- Tabela 21 - Número das caixas, nível de material e número de itens repostos no *kanban* da SMC.
- Tabela 22 - Aplicação do método de Glenday Sieve na SMM.
- Tabela 23 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMM.
- Tabela 24 - Aplicação do método de Glenday Sieve na SMP.
- Tabela 25 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMP.
- Tabela 26 - Aplicação do método de Glenday Sieve na SMC.
- Tabela 26.1 - Nova aplicação do método de Glenday Sieve na SMC.
- Tabela 27 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMC.

Folha em branco

Lista de Acrónimos

BA5	Base Aérea nº5
CAV	Código de Avaria
CGM	Centro de Gestão da Manutenção
CUT	Código de Unidade de Trabalho
DGMFA	Depósito Geral de Material da Força Aérea
DMSA	Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas
EABST	Esquadra de Abastecimento
EMANUT	Esquadra de Manutenção
EPAF	European Participating Air Forces
EUA	Estados Unidos da América
FAP	Força Aérea Portuguesa
GCA	Gestão da Cadeia de Abastecimento
GS	Glenday Sieve
JIT	Just In Time
LMA	Ligação Manutenção Abastecimento
MRP	Material Requirement Planning
MCV	Mapeamento da Cadeia de Valor
MLU	Mid-Life Upgrade
OCU	Operational Capabilities Upgrade
OGMA	OGMA - Indústria Aeronáutica de Portugal S.A.
PDCA	Plan, Do, Check, Act
RIE	Rapid Improvement Event
SIAGFA	Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea
SMC	Secção de Manutenção de Combustível/Hidrazina
SMM	Secção de Manutenção de Motores
SMP	Secção de Manutenção de Pneudráulicos
TPS	Toyota Production System
USAF	United States Air Force
WIP	Work In Progress

Folha em branco

Capítulo 1 - Introdução

Na realidade em que vivemos a procura pela máxima eficiência e baixos custos, no funcionamento das empresas é alvo de grande estudo e constante aperfeiçoamento, e não se aplica apenas a entidades privadas, nas entidades prestadoras de serviços também começa a surgir a necessidade e preocupação de melhorar a eficiência e reduzir os custos de funcionamento destas.

No caso particular da Força Aérea Portuguesa (FAP), mais concretamente em toda a linha de manutenção da aeronave F-16 *Fighting Falcon*, na Base Aérea nº 5 (BA5) em Monte Real, alcançar a excelência na execução da manutenção e a redução dos custos associados, é a grande meta a atingir. Para isso, desde 2007, têm sido aplicadas metodologias de gestão baseadas no conceito *Lean Thinking*, que por sua vez descende dos métodos de gestão da empresa japonesa Toyota, explicado nos próximos capítulos.

A Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA) da FAP coordena a manutenção de vários sistemas de armas, entre os quais a do F-16 *Fighting Falcon* que, devido à sua especificidade e complexidade, tem associado um grande conjunto de técnicos e actividades, de modo a manter estas aeronaves operacionais.

É precisamente este o motivo de todas as acções efectuadas na área da manutenção, a constante operacionalidade do F-16. A aplicação dos conceitos *Lean* a todas as actividades associadas à manutenção traduz-se na melhoria contínua deste processo, e que é comprovada por vários exemplos de sucesso de outras empresas, bem como na própria Força Aérea, nomeadamente no processo de modificação das aeronaves F-16 para F-16 *Mid-Life Upgrade* (MLU).

A manutenção da aeronave F-16 é bastante diversificada pois engloba a manutenção da estrutura da aeronave, dos sistemas mecânicos, de componentes electrónicos e do sistema de armamento existindo para isso várias secções específicas para cada tipo de manutenção, que por sua vez utilizam diversos materiais e ferramentas nestas acções, foi então observado que existia a possibilidade de tornar mais célere o acesso aos itens e ferramentas, por parte dos mecânicos, para efectuar as reparações bem como reduzir material em excesso e evitar acções desnecessárias nos hangares de manutenção.

No início da realização desta dissertação já várias alterações e melhoramentos haviam sido efectuados no âmbito das metodologias *Lean*, tanto nas secções de manutenção como a nível do abastecimento na Base Aérea nº5, pelo que a análise a efectuar a estas alterações traduz-se na avaliação da implementação das mesmas e a obtenção de conclusões que contribuam para otimizar todo este processo.

Sabendo que o conceito *Lean Thinking* ainda é pouco utilizado na nossa sociedade, como conjunto de medidas para uma gestão eficaz, o capítulo 2 desta dissertação consiste numa revisão bibliográfica que procura descobrir o que é a gestão *Lean*, como funciona, quais as suas regras de aplicação e quais as principais vantagens da sua utilização, em comparação

com os tradicionais métodos. Haverá ainda lugar para referir as principais aplicações, através do método *Lean*, que foram utilizadas nas secções de manutenção em estudo na dissertação, como o sistema *Just-in-Time* com a aplicação prática do sistema *kanban*, introduzirá ainda a definição de *Lean Supply Chain* e logística, e como se relacionam com a manutenção do F-16 na BA5.

Passando à parte prática da temática, no capítulo 3 pretende-se dar a conhecer a aplicação real das implementações no âmbito *Lean* nas secções de manutenção na BA5 percebendo o modo como funcionavam antes e depois, e quais os principais objectivos alcançados com as alterações efectuadas. Haverá ainda espaço para uma introdução ao sistema de armas F-16 *Fighting Falcon*. Ainda no mesmo capítulo é efectuado um estudo que incidirá na observação e averiguação do material de manutenção que deve estar disponível nas bancadas das oficinas, através da ferramenta *Glenday Sieve*, e a ligação do abastecimento com as secções de manutenção.

O capítulo 4 é reservado às conclusões obtidas após realização do estudo e se atesta o cumprimento dos objectivos e por fim o capítulo 5 onde se farão as recomendações e sugestões para trabalho futuro.

Secção 1 - Objectivos

Os objectivos que se pretendem alcançar com a elaboração deste trabalho consistem na procura das avarias que ocorrem com maior frequência na aeronave F-16 assim como a análise do material a elas associado, especificamente nos processos de manutenção levados a cabo pela Secção de Manutenção de Motores, Secção de Manutenção de Pneudráulicos (sistemas pneumáticos e hidráulicos) e pela Secção de Combustível e Hidrazina. A ligação destas secções com a Esquadra de Abastecimento, responsável pelo armazenamento e distribuição de todos os componentes necessários à manutenção, será também incluída nesta análise pois está indissociavelmente ligada à Esquadra de Manutenção.

No final deste estudo deverá ser possível compreender a realidade vivida nos hangares de manutenção do F-16, conhecer as modificações efectuadas no âmbito *Lean* e os primeiros resultados obtidos com estas melhorias. Pretende-se ainda que, com a estrutura elaborada para esta dissertação, o leitor fique com uma generosa visão do conceito de *Lean Management*, os seus principais objectivos e ferramentas e qual a aplicação prática destas metodologias na linha de manutenção do F-16 da FAP.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

Secção 1 - Origem da Filosofia *Lean*

Pode considerar-se que, desde a fundação da primeira estrutura de produção ou fabrico de um qualquer objecto em série, a principal preocupação dos seus gestores, além do evidente lucro, é conseguir um fluxo constante de produção desse objecto e, por conseguinte, alcançar um grande escoamento no mercado.

Tal objectivo foi alcançado pela primeira vez em 1908 quando Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, conseguiu criar um sistema de produção contínua de um dos modelos dos seus automóveis, atingindo grande número de vendas junto de clientes com menores rendimentos, transformando assim o que outrora era considerado um luxo, num bem acessível a todos, e que passou a ser imprescindível. O conceito alcançado por Henry Ford através deste modelo inovador é a produção em massa. [1]

Até terminar a Segunda Guerra Mundial, a Ford e a General Motors eram líderes de mercado a nível mundial, pois o seu sistema era amplamente bem sucedido, não existindo mais nenhuma empresa do ramo que conseguisse produzir em tão larga escala. É então em 1950 que Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, presidente e engenheiro de produção da Toyota Motor Company respectivamente, visitam a Ford Motor Company e observam detalhadamente o sistema utilizado na produção em série de automóveis. A Toyota Motor Company atravessou momentos difíceis, quer pelos efeitos da Segunda Guerra Mundial quer por imposições do Governo Japonês ao tipo de veículos que podiam produzir, mas com o surgimento de oportunidades do pós-guerra e a visita aos Estados Unidos nasceria o que ainda hoje é considerada a maior e mais eficiente empresa de fabrico automóvel do mundo.

De volta ao Japão, Toyoda e Ohno perceberam que o sistema de produção em massa da Ford não poderia ser aplicado na sua fábrica, pois o mercado automóvel japonês, comparado com o americano, era muito pequeno e diversificado, e também a mão-de-obra disponível que, através das novas leis introduzidas pelas forças Americanas após a guerra, começou a exigir outras condições e direitos no trabalho. Verificaram também que as despesas a efectuar com as alterações na linha de produção, seriam muito elevadas. Perante todas estas dificuldades, Toyoda e Ohno mudaram de estratégia e começaram a idealizar um conjunto de medidas de gestão próprias aplicadas à engenharia, produção, abastecimento, montagem e mão-de-obra da Toyota Motor Company, que resultaria no modelo de gestão, Toyota Production System (TPS), e mais tarde seria adaptado e denominado *Lean Management*. [1] [2]

Subsecção 1 - Do TPS ao *Lean*.

A tradução da palavra inglesa *lean* para português significa magro, sem gordura ou excessos, mas em matéria de gestão *Lean* significa remover os desperdícios, sejam eles relativos à produção, compras, distribuição ou contabilidade. Mais precisamente, a eliminação de desperdícios é eliminar acções que não acrescentam valor ao produto ou serviço, ou seja, acções que o cliente não iria querer pagar. [4]

Nos anos noventa, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, motivados pelo sucesso da Toyota face aos seus concorrentes, escreveram o livro *The Machine That Changed The World*, onde surge pela primeira vez o termo *lean manufacturing*, fruto do estudo e análise do sistema de produção da Toyota (TPS). É nesta altura que a filosofia *lean thinking* conhece uma maior expansão e divulgação, deixando de ser aplicada em meio exclusivamente industrial para ser implementada nos mais variados tipos de entidades, desde a produção à prestação de serviços. [2] [7]

A filosofia *Lean* é uma evolução do sistema de operações TPS, a sua melhor representação é uma “casa”, uma estrutura que só é sólida e resistente se todo o conjunto das partes for bem estruturado, e as suas várias divisões representam funções bem determinadas e intimamente ligadas (Figura 1). O novo conceito *Lean* acrescenta duas divisões a este edifício: a gestão da cadeia de fornecimento (*supply chain management*) e o serviço ao cliente. [2]

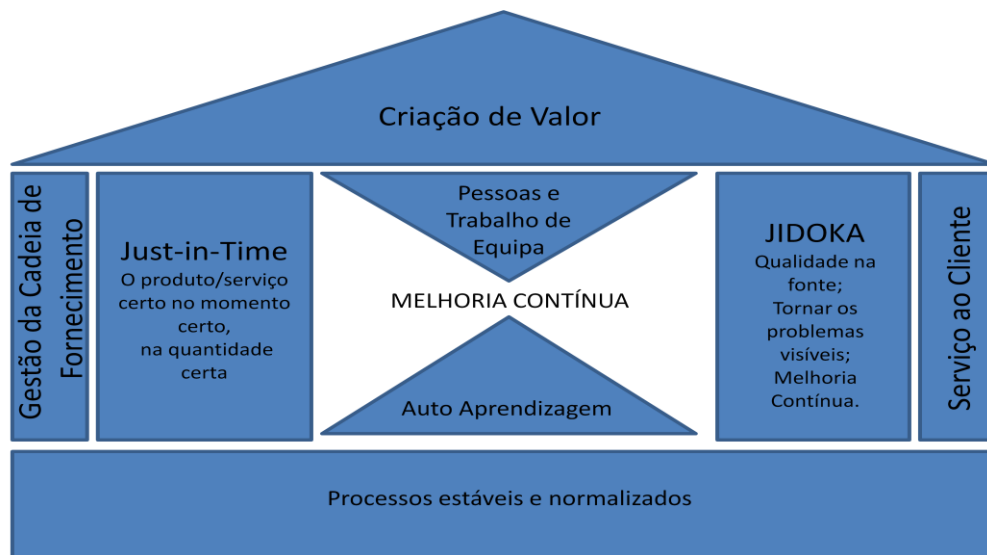


Figura 1 - Representação do edifício TPS conjugado com os conceitos *Lean*.

Fonte: Adaptado de J. P. Pinto, “Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras”. [2]

O respeito pelas condições de trabalho e direitos dos trabalhadores são parte integrante do edifício TPS e foi abordado com muita seriedade pela Toyota o que contribuiu para um novo e melhor ambiente de trabalho, que por sua vez marcou o franco desenvolvimento do TPS e por conseguinte a filosofia *Lean*. [1] [2]

Apesar do termo *Lean* estar directamente associado a processos de produção e fabricação, este conceito é aplicável a todas as áreas de uma entidade, como por exemplo, funcionamento administrativo, redes de fornecedores e cadeias de valor de cliente. A aplicação dos métodos *Lean* é um processo evolutivo e contínuo de mudanças e adaptação, não sendo uma visão ideal e única ou o alcance de um objectivo único, tendo a organização da entidade como princípio central a renovação a longo prazo, onde deverá ser dada especial atenção às relações com todas as partes envolvidas no funcionamento da entidade, incluindo funcionários, gerentes, donos, fornecedores, distribuidores e clientes, sem esquecer também a comunidade, a sociedade e o meio ambiente.

Em última análise, *Lean* significa redução de várias situações - menos desperdício, ciclos mais curtos, menos fornecedores, menos burocracia, mas por outro lado, também pode significar mais - mais conhecimento e capacidade do funcionário, maior capacidade e agilidade na organização, mais produtividade, mais satisfação dos clientes e maior sucesso a longo prazo. [3]

A aplicação da filosofia *Lean* resulta na obtenção de um nível de excelência muito elevado, usando apenas os recursos necessários e sem qualquer tipo de desperdícios ou excessos, além de permitir a constante procura de maiores e melhores níveis de produção/serviços.

Subsecção 2 - Princípios do *Lean Management*.

Os princípios fundamentais da gestão *Lean* são baseados no sistema TPS, que se rege por quatro princípios gerais, subdivididos em catorze acções teóricas. O primeiro princípio consiste em tomar decisões administrativas que se baseiam numa filosofia a longo prazo, mesmo que à custa de prejuízos financeiros a curto prazo. O segundo princípio procura alcançar resultados correctos, através de processos apropriados, tendo para isso que: [6]

- a) Criar uma fluidez contínua no processo de modo a trazer os problemas à superfície;
- b) Usar sistemas que funcionem consoante a procura de modo a evitar a super-produção;
- c) Nivelar a carga de trabalho;
- d) Criar uma cultura de parar para resolver problemas de modo a ter qualidade à primeira tentativa;
- e) Padronizar as tarefas e processos é o caminho para envolver os trabalhadores na melhoria do sistema;
- f) Utilizar controlo visual para não ter os problemas escondidos;

g) Utilizar apenas tecnologia fiável e extensivamente testada que sirva as pessoas e os processos. [6]

O terceiro princípio prevê a adição de valor à organização através do desenvolvimento das suas pessoas através da criação de líderes que percebam completamente o trabalho e vivam a filosofia ensinando-a aos outros, proporcionar o desenvolvimento de pessoas e equipas excepcionais que sigam a filosofia da entidade e respeitar a rede de fornecedores e parceiros desafiando-os e ajudando-os a melhorar. [6]

Por fim, o quarto princípio afirma que a solução contínua de problemas leva à aprendizagem organizacional, sendo para isso necessário verificar por si próprio o problema para perceber completamente a situação, tomar decisões devagar, por consenso e considerando completamente todas as opções, mas implementando rapidamente e procurar tornar-se numa organização de aprendizagem através da constante reflexão e melhoramento contínuo. [6]

São estes os ideais principais a aplicar numa instituição que levará a um maior comprometimento das pessoas que nela trabalham, melhorando continuamente o seu desempenho. A gestão *Lean* não é um conjunto de técnicas e ferramentas matemáticas, mas sim uma cultura e disciplina que ajuda a identificar os problemas de uma entidade, para reduzir custos e aumentar o desempenho dos seus processos. [6]

Com a aplicação dos métodos e ferramentas *Lean* pretende-se identificar e eliminar os desperdícios gerados pelas técnicas de produção e gestão tradicionais, pelo que é necessário seguir um conjunto de cinco princípios, a saber, há que:

1. Definir o significado de valor na óptica cliente;
2. Definir a cadeia de valor;
3. Optimizar o fluxo nos processos;
4. Introduzir o sistema *pull*;
5. Procurar a constante melhoria dos processos.

A base para o desenrolar destes princípios é a correcta definição das acções que acrescentam valor ao produto ou objectivo final, sempre do ponto de vista do cliente, ou seja, perceber se o cliente iria pagar um determinado parâmetro ou acção efectuada durante a produção do mesmo. Não se deve apenas idealizar o cliente como o comprador final do produto ou serviço, mas sim entre cada acção na cadeia de processos, a cada passo o processo a jusante é o cliente do processo a montante, no sentido do cliente final para o início de todo o processo. [1] [7]

É importante referir que após a aplicação da filosofia *Lean* a preocupação com os lucros da entidade tem que ser considerada secundária, pois o lucro está directamente ligado à satisfação do cliente, conseguindo-se assim concentração nas necessidades do cliente,

levando a uma produção equilibrada e de acordo com os consumos do cliente, além de conseguir ver as necessidades das pessoas que fazem parte do fabrico.

De um modo geral, e neste contexto, valor é a atenção dada a algo como bens ou serviços. Essa atenção pode ser expressa em termos de dinheiro, utilidade ou virtude e é atribuída pelo cliente que irá adquirir esse bem ou serviço. A maior dificuldade em compreender o conceito reside no modo como se consegue criar, aplicar e medir valor o que leva a questões como - Quais são as acções numa entidade que efectivamente criam valor? - Ou - Como é que uma pessoa ou instituição consegue atribuir valor a um determinado produto ou serviço? - É fundamental entender o que determina quanto irá pagar um cliente, com o seu dinheiro, tempo ou recursos, por um determinado objecto ou serviço.

O valor não é absoluto, não surge isolado, terá que ver com factores como: localização, tempo, forma, *timing*, função, integração, interacção, mercados, pedidos ou economia; sendo sempre, em qualquer dos casos, definido pelo cliente. O processo de criação de valor é normalmente moroso e complexo. [3]

Após perceber qual é realmente o significado de valor para o cliente é altura de mapear todos os processos físicos e tarefas efectuados em toda a sequência de acções na produção, analisando as acções que não acrescentam valor e eliminando-as. [7]

A indústria japonesa identifica três tipos principais de desperdício, **Muda**, **Mura** e **Muri**. A categoria **Muda** representa todos os trabalhos que não acrescentam valor ao produto final, pelo que devem ser analisados e depois reduzidos ou eliminados. O tipo de desperdício **Mura** é relativo a situações variáveis, por exemplo picos de produção ou baixa de produção, situações difíceis de prever como inspecções, reparações ou devoluções, o que levam a custos extra. Uma forma de eliminar este tipo de desperdício é a aplicação do sistema *Just-in-Time* (JIT). Por fim, o desperdício do tipo **Muri** é manifestado através do excesso ou falta de trabalho de máquinas e pessoas, pois muitas vezes os processos e procedimentos não estão bem estruturados, e a eficiência é afectada por possíveis avarias ou acidentes devido ao aumento de trabalho. Consegue-se combater este problema uniformizando os procedimentos, delineando uma carga de trabalho coerente com os recursos disponíveis, o que tornará a produção mais previsível, estável e controlável. [2]

Durante a concepção do sistema TPS, Taiichi Ohno e Shiego Shingo definiram uma classificação mais apropriada e actual para a identificação de desperdícios, chegando assim a sete tipos de desperdício, a saber:

Transporte - é toda e qualquer movimentação ou transferência de materiais de um local para outro por algum motivo.

Tempo em espera - tempo dispendido por máquinas ou pessoas quando esperam por algo (uma autorização, material, ...).

Sobre-produção - considerado um dos tipos de desperdício que mais danos causam, é provocado pelo excesso de produção, precisamente o oposto dos princípios *Lean*, ou seja, produzir o que não é necessário, quando não é necessário em quantidades desnecessárias.

Defeitos - são referentes a problemas com o nível de qualidade. Ao aumentar a frequência de defeitos aumentam as queixas dos clientes, colocando-se a necessidade de encontrar uma forma de combater estes problemas que surge através do aumento das inspecções na linha de produção e aumento de *stock* para evitar que o produto chegue defeituoso ao cliente, resultando num aumento dos custos e diminuição da capacidade de produção.

Inventário - é um tipo de desperdício muito frequente nos modelos de gestão utilizados actualmente, é indicador de falhas graves no escoamento do produto, significa que existe retenção de materiais no interior ou exterior da fábrica.

Movimentações do pessoal - o tempo dispendido nas deslocações de uma bancada ou secretária para outra reflecte mais um desperdício, o movimento desnecessário deve ser eliminado.

Sobre-processamento - consiste na execução de trabalho desnecessário para efectuar uma determinada actividade. É também associado ao trabalho efectuado muito rápido ou muito lento, pondo em causa o regular funcionamento do processo.

Um oitavo tipo de desperdício é mais tarde introduzido por Liker baseado num dos objectivos principais do sistema TPS, o **não aproveitamento do potencial humano**, ou seja, possibilitar a criação de pessoas críticas e pensantes que se envolvessem na resolução de problemas e se empenhassem na melhoria contínua de uma entidade. [2] [6] [7]

Subsecção 3 - Metodologias e Ferramentas *Lean*.

Após a breve resenha histórica das origens da filosofia *Lean*, e explicado o principal âmbito em que é aplicada esta filosofia, é agora tempo de conhecer as ferramentas e métodos práticos que são utilizados para a efectiva aplicação deste conceito de gestão, denominado mais concretamente por *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*.

Convém ter sempre em mente que o objectivo é reduzir e, sempre que possível, eliminar os desperdícios em todas as áreas da instituição e inculcar nos ideais de funcionamento a constante procura de melhoria dos processos, sabendo que os resultados não aparecerão da aplicação directa destas ferramentas podem demorar algum tempo a surgir.

Conseguir que uma entidade siga uma filosofia de melhoria contínua é uma tarefa que se pode tornar muito complicada, a própria entidade que serve de referência na aplicação destas metodologias, a Toyota, demorou cerca de cem anos para chegar ao seu estado actual, utilizando para isso uma cultura de auto-reflexão sobre as suas dificuldades bem como a aprendizagem e uso de ferramentas como o 5W, o ciclo PDCA, métodos de comunicação e desdobramento e gestão visual, que ao longo dos anos se foram juntando outras técnicas e ferramentas adequadas às evoluções que foram surgindo e que serão seguidamente apresentadas. [6]

1 - Metodologia A3 (PDCA).

Esta ferramenta é o principal método de resolução de problemas da Toyota, e surge baseada na teoria de Walter Shewart, sendo divulgada por W. Deming e tomando a designação de ciclo de Deming, que conclui que qualquer bom processo de resolução de problemas deve incluir como metodologia os seguintes elementos: planeamento (*plan*), implementação (*do*), verificação (*check*), e correcção (*act/adjust*), daí a representação pelas siglas PDCA. O nome A3 é devido ao modo como a Toyota transpõe e apresenta o ciclo de Deming (PDCA), precisamente numa folha de formato A3, estando associadas as vantagens de motivar a construção de consenso, uniformizar o desenvolvimento através de um método simples e sistemático, é uma ferramenta de comunicação que segue uma narrativa lógica e ajuda a construir, com o passar do tempo, uma organização de aprendizagem. [3] [6]

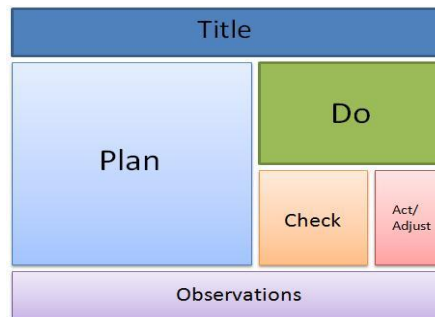


Figura 2 - Um dos formatos utilizados no método A3 (PDCA).

Fonte: Adaptado de P. Salvada, “Metodologia A3: PDCA - Plan, Do, Check, Adjust”. [8]

Esta metodologia segue oito passos, distribuídos por cada acção, sendo o primeiro passo planear seguindo os pontos abaixo indicados:

1 - Identificar e descrever o problema de um modo claro, conciso, mensurável, incluindo a relação entre a norma (standard) e o desvio.

2 - Analisar e observar o processo de modo a obter uma correcta noção do problema. Perguntar onde, quando, o quê, como, quanto, etc.

3 - Definir o objectivo que deverá ser claro, conciso, mensurável e possuir uma data para finalização.

4 - Compreender as causas utilizando para isso técnicas de análise de causa e efeito e métodos de *brainstorming*, de modo a identificar todas as causas possíveis do problema, ouvir as ideias de todos os membros da equipa, recolher dados e usar a regra dos cinco porquês (5W) para aprovar ou rejeitar possíveis causas (5W1H - What, Where, When, Who, Why, How much), anotando no final as conclusões.

Em segundo lugar é necessário implementar o que foi planeado através da definição de tarefas, optando preferencialmente pela implementação das de menor custo, fácil

aceitação e aplicação e passível de se obterem resultados rápidos. A atribuição de tarefas a equipas e nomeação dos responsáveis é também importante, sendo estas tarefas distribuídas pela equipa e pelo responsável com datas de concretização definidas. O plano de implementação esboça claramente os passos que devem ser completados para se atingir o estado futuro.

O terceiro ponto tem como objectivo verificar os resultados do planeamento e implementação do processo, sendo para isso necessário observar os resultados após conclusão das tarefas, avaliando os resultados através da recolha de dados dos actuais processos que serão comparados com os dados recolhidos antes das alterações terem sido aplicadas.

Os últimos passos a efectuar consistem na melhoria de todo o trabalho realizado anteriormente, como demonstram os pontos seguintes:

1 - Padronizar, de forma escrita, os processos assegurando a formação dos membros das equipas e a compreensão integral de como funciona o processo.

2 - Reconhecer e partilhar o sucesso com todos os que contribuíram para a sua concretização.

O número ideal na formação das equipas é de 4 a 7 pessoas. O A3 pode também ser utilizado além da simples resolução de problemas, como relatórios de situação, elaboração de propostas ou planeamento estratégico da organização. [8]

2 - Mapeamento da Cadeia de Valor (MCV).

Após a aplicação da metodologia A3 obtém-se uma ideia geral do ponto em que se está e onde se quer chegar, pretende-se agora uma forma de analisar e representar, detalhadamente, todas as acções, tarefas e movimentos que ocorrem em toda a linha de produção da instituição e o modo de obter essa representação é o Mapeamento da Cadeia de Valor.

A cadeia de valor é o conjunto de actividades que procuram criar valor para o cliente, através da sequência de processos que desenvolvem e produzem algo que possui valor para o cliente. [3]

Este método foi adaptado por Mike Rother e John Hook dos diagramas de fluxo de material e informação da Toyota, e esquematiza os fluxos de materiais e informação, bem como os processos associados em toda a cadeia de produção e, principalmente, ajuda a identificar desperdícios no sistema. É também visível que alguns processos são repetidos e padronizados. [6]

Existe uma sequência aconselhável de procedimentos para a utilização do MCV. Em primeiro lugar é necessário definir qual o significado real de valor nos processos, na perspectiva do cliente; de seguida realiza-se o mapeamento do estado actual, que consiste na identificação de todas as actividades existentes e executadas no processo actual, envolvendo

as pessoas responsáveis por cada etapa, bem como a contabilização dos tempos de valor acrescentado (operações) e os tempos de não valor acrescentado (esperas e transportes), seguindo uma sequência de operações em cada fase e o *takt time* do processo (relação entre o tempo disponível e a procura nesse tempo) como exemplificado pela figura 3. Após análise do estado actual da cadeia de valor, é necessário efectuar o mapeamento do estado futuro, que resulta da eliminação das principais actividades que não acrescentam valor ao processo, através da utilização de outras ferramentas *Lean* que serão postas em prática para se atingir o estado futuro pretendido. Por fim, deve ser realizado o planeamento e implementação das melhorias propostas no mapeamento do estado futuro. [6] [9]



Figura 3 - Exemplo de elaboração do Mapeamento da Cadeia de Valor.

Fonte: AB5 - Lean Team “F16 Supply Chain Improvement Programme - RAPID IMPROVEMENT EVENTS PREP”. [33]

3 - Eventos de melhoria.

Os eventos de melhoria são designados por *Kaizen*, resultante da junção de duas palavras de origem japonesa; *kai* - mudança e *zen* - bom, virtude; estando subjacente a ideia de melhoria contínua.

O mapeamento da cadeia de valor define as alterações a efectuar e os pontos da cadeia onde se deve intervir, é então necessário um modo de realizar essas alterações, são eles os eventos de mudança rápida ou eventos *kaizen*. Existem várias nomenclaturas para estes eventos, mas na generalidade são divididos em três tipos:

- *Quick and Easy Kaizen*
- *Kaizen Event*
- *Kaikaku*

O tipo de evento escolhido está relacionado com a dimensão da intervenção que se pretende efectuar e objectivos a atingir. [3] [6] [11]

O *Quick and Easy Kaizen* é um conjunto de pequenas acções de melhoria, a atenção é centrada na pessoa que desenvolve uma determinada tarefa sendo considerada a especialista nessa tarefa, encorajando-a a efectuar pequenas alterações, de fácil e rápida execução, no seu trabalho, de modo a melhorar a eficácia do processo, sendo que, no caso de erros, a sua aplicação isolada, não produz efeitos negativos no desenrolar do processo geral. Com o tempo, estas pequenas acções, produzirão efeitos significativos na linha de produção.

No caso do *Kaizen Event* ou *Kaizen Blitz*, trata-se de um projecto a curto prazo, intenso e focado num determinado processo. É necessária a formação de uma equipa cujos elementos façam parte do processo, sendo necessário preparar o evento, de seguida realizar as alterações e por fim analisar as modificações efectuadas e o seu efeito. Recorre-se, por norma, a um consultor externo, que orienta e promove os trabalhos a desenvolver. São necessários dois a cinco dias para realizar o evento em si, sendo possível obter resultados imediatos e drásticos mas satisfatórios. [3] [11]

Um evento tipo *Kaikaku* traduz-se numa acção de melhoria radical e de grande envergadura, podendo mesmo implicar alterações profundas nos meios tecnológicos utilizados ou no próprio método de produção. Pode realizar-se sob a forma de vários e simultâneos eventos *Kaizen*. Apesar da dimensão das alterações efectuadas num evento deste tipo o objectivo é o mesmo: alcançar a perfeição através da melhoria contínua, eliminar os desperdícios, criar sustentabilidade e procura contínua de satisfação do cliente. [2] [3]

De um modo geral, os eventos de melhoria podem ser definidos pelos seguintes pontos: [12]

- É um motor de mudança, dirigido pelo MCV;
- Produz rápidas mudanças, efectuadas numa semana;
- Permite obter soluções construídas ponto por ponto;
- Proporciona a mudança através das pessoas;
- Estimula a envolvimento de todos os membros;
- Elimina projectos que exigem grande planeamento;
- Estabelece um ritmo estável de melhoria;
- Funciona segundo o conceito, “aprender, fazendo”.

4 - Fórmula 5W2H.

Esta ferramenta *Lean* deve ser utilizada em qualquer altura, pois permite descobrir a causa - primária de um problema, existe o hábito de resolver os problemas pelas questões imediatamente aparentes e não pelas causas de fundo, o que levará com certeza à recorrência desses problemas.

Inicialmente utilizada no sistema TPS, e com a designação 5W's, consistia em repetir a pergunta - porquê? (*Why?*) - cinco vezes, o que levaria à raiz do problema. Na evolução para o pensamento *Lean*, alterou-se ligeiramente o conceito (não invalidando a versão original na

mesma, como complemento), transformando os cinco W em diferentes perguntas: quem (*Who*), o quê (*What*), onde (*Where*), quando (*When*), porquê (*Why*); surgiu também a necessidade de questionar como (*How*) e quanto (*How much*), daí os dois H. [2]

5 - *Standard Work* (Processos Uniformizados).

Após implementação de novos métodos e processos, resultantes dos eventos *Kaizen*, é necessário criar a uniformização das tarefas, através da formalização e documentação dos procedimentos, ferramentas a utilizar, identificação de possíveis falhas e seus métodos de resolução, garantindo que todos os que executem essa tarefa o façam do mesmo modo. Esta ferramenta permite a redução dos desvios nos processos, garantindo a consistência das operações efectuadas, a previsibilidade dos processos e consequente redução de custos. Trata-se então de elaborar um plano de acções para tarefas repetitivas, de modo a que todos o façam da mesma forma, e sendo os próprios executantes a sugerir o melhor método de uniformizar um determinado processo. [2] [6] [13]

Podem-se ainda identificar três elementos básicos do *Standard Work*, sendo eles: [2]

- Tempo de ciclo - tempo necessário para a conclusão de cada etapa;
- Sequência de produção - melhor ordem de execução de tarefas de um determinado processo;
- Nível de *WIP* (*work in progress*) - quantidade máxima de trabalho que flui pelas diversas operações.

O *standard work* é definido com a utilização de outras ferramentas *Lean*, tais como, o ciclo PDCA. [2] [3]

6 - Cinco S (5S).

Esta prática foi utilizada inicialmente por empresas japonesas estendendo-se rapidamente a várias empresas a nível mundial, estando integrada no pensamento *Lean*, consiste num princípio muito simples de manutenção e arrumação do local de trabalho. O termo 5S representa cinco palavras japonesas que começam pelo som “s”: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seikeitsu* e *Shitsuke*. Traduzindo obtemos um conjunto de cinco práticas com os seguintes objectivos:

Organizar (*Seiri*) - separar o vários itens, mantendo apenas o essencial no local de trabalho.

Arrumar (*Seiton*) - definir a localização para cada objecto ou ferramenta, com fácil acesso aos objectos mais utilizados; “um lugar para todos os objectos e todos os objectos no seu lugar”.

Limpar (Seiso) - garantir que não ficam resíduos na área de trabalho após realização de uma acção, permitindo a inspecção dessa mesma zona evitando falhas futuras; dividir a tarefa de limpeza por várias pessoas envolvidas nessa zona de trabalho.

Normalizar (Seikeitsu) - criar regras e procedimentos relativos à manutenção e monitorização da zona de trabalho; garantir os mesmos procedimentos para zonas com funções semelhantes, em toda a instituição.

Autodisciplinar (Shitsuke) - manter o funcionamento da instituição estabilizado, sistematizando as regras estabelecidas, sempre com o conceito de melhoria contínua presente.

Com o evoluir dos tempos, foi sendo inserido mais um S ao conjunto de práticas anterior relativo à Segurança, conceito este cada vez mais em voga nos dias de hoje e é essencial ao correcto funcionamento de uma instituição. [2] [6]

Em última análise, a utilização da prática 5S não significa apenas ter uma cuidada organização e identificação de materiais, ferramentas e desperdícios de forma a manter o ambiente limpo e brilhante, traduz-se no apoio à metodologia *Lean* em garantir um fluxo suave de produção, pondo à vista erros e prevendo falhas, através do controlo visual subjacente na realização dos passos descritos acima. [6]

7 - Gestão visual.

A gestão visual consiste numa forma de comunicação do operador com o ambiente de trabalho, que demonstra como efectuar uma determinada acção, indicando os passos que o operador deve realizar nessa função, como por exemplo, onde estão os itens a utilizar, quantos ou quais itens são necessários, qual o processo padrão, e outros tipos de informação que auxilie em funções específicas e fulcrais, eliminando a possibilidade de o operador se esquecer de algum passo, ou indicando os tempos em que devem ser feitas determinadas acções, contribuindo para um fluxo correcto da linha de produção. Um exemplo do dia-a-dia que exemplifica bem este tipo de ferramenta são os sinais de trânsito, são sistemas de controlo visual com o objectivo de regular o trânsito, que sendo bem posicionados, o seu significado é imediatamente compreendido. [6]

8 - Envolvimento dos trabalhadores.

No final de todas as ferramentas e metodologias serem implementadas, é importante o envolvimento das pessoas na identificação de desperdícios e modos de melhorar a eficácia dos processos, criando valor. No ambiente *Lean* é fulcral a participação dos funcionários pois são estes que lidam com as várias actividades efectuadas na organização, e apesar da filosofia *Lean* ser contra intuitiva e não produzir ganhos imediatos, deverá ser feito um esforço para que estas pessoas consigam entender e suportar os processos de melhoria contínua, assumindo a responsabilidade pela evolução dos métodos de funcionamento e testando as suas capacidades continuamente sempre com o objectivo de criar valor eliminando o desperdício. [2]

Secção 2 - Sistema JIT (*Just-In-Time*)

Subsecção 1 - Características do sistema JIT.

Um dos principais componentes da casa TPS que contribui para a melhoria contínua de uma empresa é o sistema de operações JIT (*Just-In-Time*). Este sistema conhece a sua expansão nos anos 70 no meio empresarial Japonês como método de redução de inventário, evoluindo mais tarde para uma filosofia de gestão composta por um vasto conjunto de princípios e técnicas de produção. Quando é devidamente adaptado a uma entidade é possível reforçar a competitividade substancialmente através da redução de desperdícios além do aumento de qualidade e eficiência do nível de produção. Em condições ideais de implementação do sistema JIT, uma entidade conseguiria executar as suas actividades utilizando apenas os recursos necessários de acordo com a procura do seu produto. [42] [43] [44]

A eliminação de inventário produzido em excesso, que visa colmatar as falhas na linha de produção de uma entidade, é o que o sistema JIT permite combater utilizando como ferramentas várias práticas de gestão de produção como definição de tempos de produção, produção celular, planeamento de produção nivelada, manutenção preventiva, técnicos multifuncionais, círculos de qualidade, o sistema *kanban* entre outros. A especificidade de cada entidade dita o modo como este sistema é aplicado. [42] [43] [44]

Não se deve porém, confundir pensamento *Lean* com JIT, são conceitos diferentes apesar de objectivos semelhantes. Aliás, dizer que *Lean* significa entregas JIT é errado e induz em erro as entidades que procuram alcançar uma gestão *Lean*. JIT é um sistema de entrega que a maioria das organizações nunca conseguirá introduzir em pleno na sua linha de produção e, mesmo quando é bem aplicada poderá levar a novos tipos de desperdício como por exemplo, as entidades devolverem material em inventário aos fornecedores ou se os fornecedores entregarem os materiais em menores quantidades com maior frequência. [45]

O significado literal de *Just-in-Time* é “a tempo”, ou seja, produzir a tempo, que contrasta com “*Just-in-Case*” que significa “se necessário”, ou seja, produzir apenas quando necessário. Apesar de serem duas abordagens válidas na gestão de uma qualquer cadeia de abastecimento como foi referido acima, o importante é eliminar o máximo de desperdícios nas actividades das entidades.

As duas principais componentes do sistema JIT, segundo Ohno são:

- Sistema *kanban*
- Nivelamento da produção (*heijunka*)

O funcionamento de uma linha de produção que trabalhe de acordo com o sistema JIT, tem que ter em conta que um qualquer processo só arranca quando o processo a jusante o permite. Este modo de trabalho tem o nome de produção *pull*, ou seja, um qualquer processo na linha de fabrico, quando consome todo o material, dá instrução (“puxa”) ao processo anterior para produzir mais, satisfazendo as necessidades, o que resulta numa maior fluidez. O inverso deste método é o sistema *push*, que “empurra” o produto/serviços até ao cliente, baseando-se na previsão do consumo do cliente. [2]

Associando estas ideias, *push* é MRP (*material requirement planning*), ou seja, planeamento baseado na previsão de consumos; enquanto *pull* é JIT, o material flui conforme a necessidade. Então *push* é “*just-in-case*” e *pull* é “*just-in-time*”. [2]

A principal preocupação do sistema *push* é a eficiência, ou seja, manter todos os recursos em funcionamento, independentemente da necessidade de produzirem ou não, o que resulta num aumento de stocks, custos e tempo.

Por outro lado, no sistema *pull* um modo de garantir um eficaz fluxo de produção é a utilização do sistema *kanban* (vocábulo de origem japonesa que significa “cartão”). Este sistema proporciona o controlo das operações de fabrico, pois trata-se de uma forma de autorização para fazer ou mover algo entre os pontos de processamento bem como servir de controlo de armazenamento de stock nesses pontos.

De modo a permitir um eficaz fluxo de materiais e a redução do tempo de espera do cliente, é importante garantir as quantidades correctas de materiais nos *kanbans*, que levará também a uma maior disciplina no fabrico e / ou movimentação de materiais.

Toda esta aplicação traduz-se numa produção muito rápida onde tempo de produção é regulado pela procura do produto, conseguindo concluir cada fase num momento exacto e de acordo com a exigência do cliente final, evitando-se assim gastos com a armazenagem de produto em excesso.

O JIT é uma técnica de produção puxada segundo a qual todos os *outputs* são realizados no momento certo, na quantidade pedida e no local combinado, recorrendo ao paradigma *pull* e ao *kanban* para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação. [2] [14]

As ferramentas e técnicas de implementação do sistema *JIT* estão intimamente ligadas às ferramentas *Lean* mesmo sendo ideologias independentes, no fundo complementam-se e em conjunto reforçam a transformação *Lean* numa instituição (Figura 4).

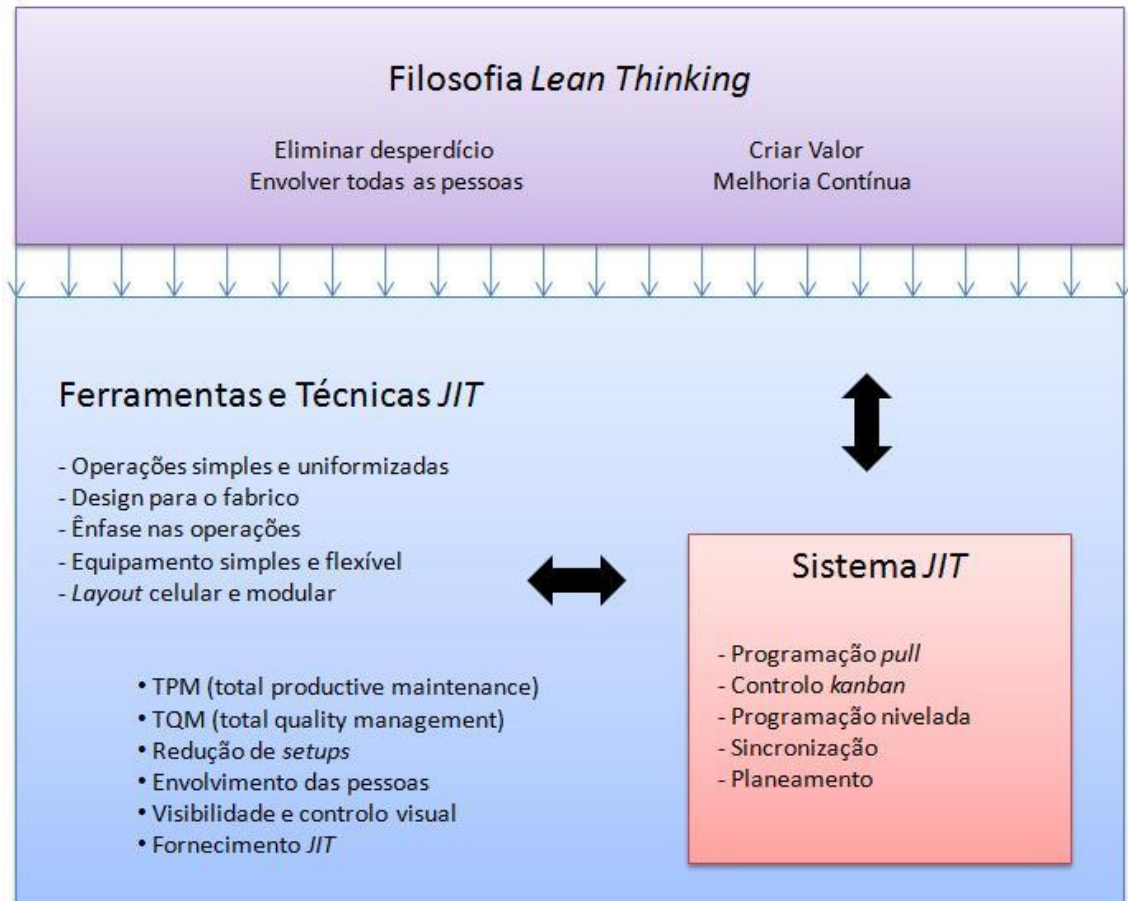


Figura 4 - Filosofia *Lean* e Sistema *JIT*.

Fonte: Adaptado de J. P. Pinto, “Pensamento *Lean* - A filosofia das organizações vencedoras”. [2]

Existem ainda alguns conceitos, transversais ao pensamento *Lean* e sistema *JIT*, que é importante interiorizar, tratam-se do *takt time* e tempo de ciclo.

O *takt time* é o “coração” que estabelece o ritmo de funcionamento do sistema de operações, é a taxa da procura (consumo), definida pelo cliente. Quando se torna um processo da cadeia de operações extra eficiente irá reflectir-se num excesso de produção que os processos seguintes, não tão eficientes, não conseguirão escoar, tornando-os mais lentos. É necessário existir coordenação das actividades de modo a permitir um fluxo de um item em cada processo, optimizando a velocidade do fluxo, a capacidade e o número de pessoas necessárias, esta coordenação é dada pelo *takt time*. O seu cálculo é obtido através do quociente entre o tempo disponível e a procura no tempo disponível. [2] [6]

O tempo de ciclo é relativo ao tempo entre dois itens (ou clientes) consecutivos, sendo definido pela operação mais demorada na sequência de fabrico (ou de atendimento de

clientes), não devendo ser superior ao *takt time*, pois significa atraso na entrega se for superior, e desperdícios no processo se for inferior. [2]

Subsecção 2 - Sistema *Kanban*.

Este sistema foi criado na Toyota Motor Corporation, inserido no método TPS - Toyota Production System, com o intuito de reduzir stocks nos vários processos, minimizar os materiais em processamento e conseqüentemente os custos, a sua tradução para português significa “cartão”. *Kanban* não é um sistema de controlo de inventário mas sim um sistema de planeamento que indica o que produzir, quando produzir e a quantidade a produzir.

Utilizando o *kanban* é possível controlar o fluxo de materiais e informação nos vários pontos de processamento, alertando os operadores para o que devem produzir, bem como quanto e quando. Consegue-se também deste modo evitar a produção de elementos não requisitados, pois o princípio de funcionamento do *kanban* é no sentido do cliente para o fornecedor, ou seja, do final da linha de produção para o início, o que permite atender exclusivamente às necessidades do cliente, estando assim em concordância com o sistema JIT. [17]

Num ambiente de produção em série de um objecto, o sistema *kanban* realmente coordena e disciplina o sistema *pull*, pois à medida que a linha de produção vai consumindo as peças necessárias são expedidas para os centros de trabalho antecedentes as respectivas autorizações de produção e transporte das peças inscritas em cada cartão *kanban*, originando assim uma drástica redução de tempo e custo na produção e/ou transporte de materiais desnecessários. Em última análise, este sistema substitui a programação diária do fabrico bem como as actividades de controlo da linha de produção, não sendo assim necessário despender tempo nestas actividades, podendo essas pessoas utilizá-lo na resolução de excepções nos processos ou trabalhar na melhoria contínua o que adiciona valor ao produto.

Existem várias formas físicas de implementar este sistema, dependendo do tipo de produtos e objectos com que se trabalha, mas de um modo geral identifica-se como uma forma de organização de pequenos lotes de material necessário, que são armazenados em recipientes adequados às dimensões e tipo de material e contém um número definido de peças, ao qual corresponde um cartão com as informações necessárias aos operadores (o quê, quando e quanto). Este sistema, óbvio e prático, permite a circulação dos recipientes com o respectivo cartão ao longo dos centros de trabalho, contendo apenas o número mínimo de material adequado a cada operação (Figura 5). [2] [3]

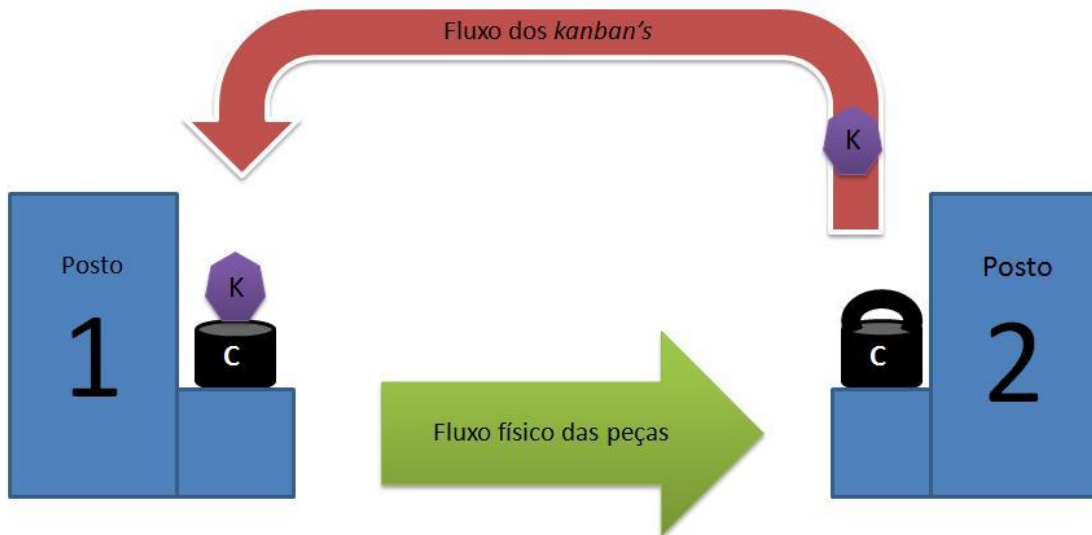


Figura 5 - Diagrama de funcionamento do sistema *kanban*.

Fonte: Adaptado de L. Lourenço, “Gestão da Produção - Kanban”. [17]

Sabendo que o posto de trabalho 2 consome as peças fabricadas pelo posto de trabalho 1, cada vez que o posto de trabalho 2 utiliza um contêiner (C) de peças, retira-lhe o cartão *kanban*, que reenvia para o posto de trabalho 1. Desta forma, o cartão constitui para o posto de trabalho 1 uma ordem de fabrico de um contêiner de peças. Quando o posto de trabalho 1 termina o fabrico do contêiner coloca-lhe um cartão *kanban*, sendo o contêiner levado até ao posto de trabalho 2.

Entre dois postos de trabalho circulam sempre um número definido de *kanbans* (portanto de contêntores).

Um cartão *kanban* só deixa um contêntor para ser devolvido ao posto de trabalho 1, quando o contêntor se encontra completamente vazio, este sistema reflecte-se entre todos os postos de trabalho do mesmo sector de produção.

Os *kanbans* estão, portanto, ou fixados nos contêntores que aguardam no posto de trabalho 2 ou no planeamento de *kanbans* no posto de trabalho 1 à espera de transformação de peças. [2] [3] [16]

É comum identificar dois tipos de cartão *kanban*:

- *Kanban* de produção - nenhuma operação de produção é executada sem existir um *kanban* de produção a autorizar.
- *Kanban* de transporte - do mesmo modo, além de poder conter a mesma informação do *kanban* de produção, nenhuma acção de movimentação é efectuada se não existir um *kanban* de transporte a autorizar. [2]

Para que um sistema *kanban* funcione na sua plenitude terão que ser garantidos os seguintes requisitos: [2] [3]

- Processos estáveis e uniformizados;
- Baixos tempos de transporte e de setup, *layout* fabril adequado, preferencialmente organizado em células;
- Existência de uma procura de produto regular, com poucas oscilações;
- Reduzido número de estações de trabalho de forma ao eficaz funcionamento do sistema *kanban*.

Com o sistema *kanban* o ritmo de produção é determinado pelo ritmo de circulação dos cartões (*kanbans*), o qual, por sua vez, é determinado pelo ritmo de consumo dos materiais. Um posto de trabalho a jusante comanda assim o posto de trabalho a montante. [2] [3] [16]

Deverão também ser aplicadas algumas regras neste sistema de modo a garantir o seu bom funcionamento, são regras simples e que resultam num melhor fluxo dos materiais, sendo elas: [2]

- Cada contentor deve conter apenas um cartão;
- O circuito deve ser executado, sempre, pela secção de montagem a “puxar” os componentes/materiais da secção de produção, não deixando que a área de produção “empurre” os componentes /materiais;
- Não remover os contentores da área de serviço, sem que o *kanban* seja emitido;
- Os contentores devem sempre conter o mesmo número de componentes;
- A produção total não deve exceder a quantidade total autorizada pelo sistema *kanban*.

É necessário saber concretamente quantos contentores deve conter o sistema *kanban*, é possível obter esse valor através de um pequeno cálculo matemático. Este número depende da capacidade de reacção do processo às variações da procura, e é influenciado por vários factores como: [2] [16]

- *Lead time* (tempo de referência) para produzir o item;
- Tempo de alteração do *layout* para produzir outro item;
- Tempo para testes de qualidade;
- Risco de interrupção ou falha da produção;
- Capacidade de entrega dos fornecedores;
- Defeitos na linha de produção;
- Vida útil do item;
- Variação da procura no período de entrega.

O cálculo a efectuar para determinar o número de *kanbans* é o seguinte: [16]

$$X = \frac{U(Tw) * (I + B)}{A}$$

Onde:

X - número de *kanbans*.

U - utilização planeada por dia.

Tw - movimento do tempo de ciclo e tempo de processamento (tempo total de espera, em dias).

B - factor de risco (percentagem da probabilidade do processo não decorrer correctamente).

A - número de unidades por contentor.

É imperativo definir o número de unidades em cada contentor, bem como o número de contentores que irão circular pelas áreas de trabalho, pois o número de contentores no sistema de fabrico determina a quantidade total de inventário.

Os stocks intermédios e de segurança estão directamente ligados ao número de contentores que circula entre duas células de trabalho, sendo o *lead time* (tempo de permanência) de um contentor dado pelo tempo em trânsito, em espera, em produção e tempo de armazenamento. O número de contentores é dado pelo *lead time* médio para fabricar um contentor de peças, o stock de segurança para situações imprevistas e a quantidade de peças no contentor. [2]

De modo a garantir uma correcta implementação do sistema *kanban*, devem verificar-se as seguintes condições: [17]

- Existência de bons meios produtivos;
- *Layout* da empresa optimizado;
- Evitar o aparecimento de imprevistos;
- Permitir relações privilegiadas entre as estações de trabalho;
- Diminuir o número de referências de produtos;
- Nivelar a procura, de modo a minimizar os efeitos de flutuação da mesma.

Existem vários formatos físicos possíveis de *kanban*, dependendo da especificidade do material e do local de trabalho como mostra a figura 6.



Figura 6 - Exemplos de *kanbans*.

Fonte: AB5 - Lean Team, “F16 Supply Chain Improvement Programme - Rapid Improvement Event Prep”. [33]
 Simpler, “SBS 11.0 Tool - Pull Systems”. [16]

É possível apontar algumas vantagens alcançadas com a utilização deste sistema, como por exemplo, a possibilidade de expor os problemas na produção da fábrica, pois as perturbações causadas pela flutuação da procura, são facilmente colmatadas com o sistema *kanban*, no sistema convencional iria levar ao aumento de *stocks*, e por consequência a um excesso de itens produzidos; permite alcançar uma maior coesão entre os postos de trabalho, ao longo da linha de produção, bem como uma rápida e eficiente circulação de informação entre os mesmos; reduz o tempo de resposta a uma modificação da procura, pois é concebido para produzir conforme o *takt time*, ou seja, produzir conforme a procura, *item-a-item*; reduz os prazos de entrega, melhorando assim o serviço prestado ao cliente; descentraliza e simplifica a gestão, passando a acontecer directamente na linha de produção; por último, combate o aparecimento de *stocks*, eliminando excessos e desperdícios, sendo este o busílis de toda a gestão *Lean* e do sistema *JIT*, permitindo uma melhor arrumação e organização dos espaços na empresa, facilitando a gestão de *stocks* que surjam e melhor e maior capacidade de responder a alterações na linha de produção. [17]

Secção 3 - Gestão da Cadeia de Abastecimento e Logística

Dois conceitos fulcrais deste estudo são a Gestão da Cadeia de Abastecimento (*Supply Chain Management*) e a Logística, pois são parte integrante do novo método de gestão implementado na linha de manutenção do F-16 *Fighting Falcon* da FAP. Ao garantir uma logística eficaz dentro de um fluxo de abastecimento de material para a manutenção, sem atrasos nem desperdícios, conseguindo reduzir os custos e tempos das entregas por parte dos fornecedores, será possível uma perfeita ligação entre o abastecimento e as oficinas de manutenção, que é o objectivo principal da implementação da metodologia *Lean* na BA5.

Apesar de estarem relacionados, há que distinguir os dois conceitos, a Logística é, de um modo geral, a parte do processo de Gestão da Cadeia de Abastecimento que planeia, implementa e controla o fluxo, directo e inverso, garante o armazenamento eficiente de produtos, serviços e informação relacionada, entre o ponto de origem e o ponto de consumo de modo a satisfazer as necessidades do cliente. A logística tem então influência em toda a cadeia de abastecimento, dentro e fora da organização, estabelecendo alianças e acordos em ligações operacionais e estratégicas, levando à evolução destes e a uma integração crescente que induzirá reforços contínuos de competências específicas, sendo impossível a eliminação de qualquer um dos conceitos, separando obviamente a sua abrangência na organização, como será explicado a seguir. [18] [19]

Subsecção 1 - Definição de Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA).

O conceito de Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA) tem maior relevância e expansão a partir dos anos 90, pois é nesta altura que se verifica um elevado crescimento tecnológico mundial e uma crescente globalização onde os bens, serviços e informação circulam pelo mundo a um ritmo nunca antes experimentado, levando várias empresas a alterarem os seus métodos de gestão e comunicação de modo a melhor responder a estas novas mudanças. Estando inserido na filosofia *Lean*, a GCA é um processo também concentrado na melhoria contínua das actividades das empresas e um método sempre sujeito a melhoramentos e ajustes. [19] [20]

Para melhor compreender este conceito, vejamos o significado de Cadeia de Abastecimento - é um conjunto de três ou mais entidades directamente envolvidas nos fluxos de produtos, serviços, financeiros e informação, para montante e jusante, desde a fonte ao consumidor. Podendo ser ainda classificada em três graus de complexidade: directa, estendida e completa. No primeiro grau, directa, engloba a organização, os fornecedores e clientes directos; a estendida inclui, dentro do primeiro grau, os fornecedores dos fornecedores directos e clientes de clientes directos; por fim, a cadeia de abastecimento

completa envolve todas as organizações, do primeiro fornecedor ao último cliente, incluindo operadores logísticos, instituições financeiras, empresas de estudo de mercado e outras. [20]

Este modelo de gestão tem origem nos métodos utilizados nos anos 70 e 80, que cresceu e sofreu alterações para dar resposta a novas mudanças no meio empresarial como fusões e aquisições de empresas, reengenharia de processos, mutações dos mercados, avanços tecnológicos e queda da inflação que permitiu práticas especulativas que dificultaram a cooperação e integração da cadeia de abastecimento (tabela 1). [20]

Campo de Gestão	Foco Tradicional	Foco GCA
Processo de gestão	Produtos, vendas e receitas	Processos inter-organizacionais, processos alargados, investimento em inovação no canal
Objectivos - chave do desempenho	Objectivos departamentais, especificações de produtos e processos	Capacidades inovadoras e de valor acrescentado em todo o canal
Objectivos e metas de negócio	Consistência do desempenho, alinhamento departamental, métricas chave das melhores práticas.	Alinhamento dos objectivos e metas do canal, visão competitiva partilhada do canal
Relações do negócio	Foco nas estruturas e valores internos da organização	Parcerias estruturadas no canal, cooperação em processos e objectivos
Processos de melhoria do negócio	Reduções nos custos e defeitos: taxa de melhorias em produtos e processos	Melhorias em todo o canal: criação de valor e inovação no canal

Tabela 1 - Focos da Gestão da Cadeia de Abastecimento.

Fonte: B. Moura, “Logística: Conceitos e Tendências”. [20]

Numa perspectiva competitiva tradicional da cadeia de valor, para uma empresa ganhar outra teria de perder, com esta nova filosofia a competitividade não significa a ocorrência do princípio “ganhar - perder” entre dois elementos da cadeia de abastecimento mas sim do tipo “ganhar - ganhar”, onde se promove a cooperação entre os participantes da cadeia e na busca de melhores soluções para todos. São várias as empresas que empregam este método de gestão e são unânimes no que diz respeito à sua eficácia e funcionalidade, afirmando que a GCA é um método poderoso que permite alcançar vantagens competitivas nos mercados. A GCA consiste na integração de várias actividades ao longo do processo de produção que permite levar o produto mais rápido ao mercado, garantindo a satisfação dos clientes. São várias as áreas que este método abrange, sendo algumas delas o transporte, a armazenagem, o controlo de inventário, a manufactura, as operações, as aquisições e a distribuição, tentando sempre obter um processo eficiente e sem esperas, acrescentando valor ao produto. O grande avanço deste conceito em relação aos métodos de logística habitualmente utilizados é a sua aplicação ao nível externo da empresa, pois a GCA engloba

os fornecedores e parceiros, como por exemplo transportadoras, vendedores, outras empresas e fornecedores de sistemas de informação, que terão que trabalhar em função do ritmo imposto pela empresa, que por sua vez trabalhará em função da satisfação dos clientes. [18] [20]

O objectivo principal da GCA é adicionar valor ao produto final, mas também alcançar outros objectivos estratégicos através deste método de gestão, sendo eles: [18] [21]

- Redução dos custos operacionais,
- Melhoria dos activos de produtividade,
- Redução dos tempos de ciclo,
- Redução dos custos de inventário, transporte e armazenagem,
- Melhoria dos serviços de entregas (mais rápidos),
- Crescimento da receita devido a uma maior disponibilidade e personalização.

É definido também um conjunto de sete princípios para uma correcta e eficaz implementação do processo de gestão da cadeia de abastecimento: [18] [21]

1. Gerir os clientes conforme as suas necessidades.
2. Garantir um rápido e eficaz serviço aos clientes.
3. Observar os sinais dos mercados e aproveitar as oportunidades.
4. Diferenciar os pedidos o mais próximo possível do cliente.
5. Gerir estrategicamente o fluxo de produção e fontes de abastecimento.
6. Desenvolver uma estratégia tecnológica capaz de responder às necessidades da cadeia de abastecimento, bem como desenvolver novos produtos.
7. Adoptar métodos fiáveis de previsão e de *performance* do modelo de gestão.

Muitas propostas têm surgido para melhor definir o conceito de GCA, mas são poucas as empresas que aproveitam o potencial encontrado na aplicação deste conceito em larga escala. São vários os motivos que explicam estas dificuldades, como a má compreensão do conceito, existindo muita discussão acerca do próprio sentido do termo; a falta de consenso existente e pouca clareza das funções que fazem parte da GCA; a dificuldade em realizar, em termos práticos, a GCA, pois esta envolve actividades de planeamento e operacionais de toda a empresa e também a coordenação de actividades com fornecedores e clientes. É muitas vezes mais fácil coordenar as actividades com os elementos fora da cadeia de abastecimento do que com os internos, levando muitas vezes a começar este modo de gestão com os fornecedores pois estes sabem sempre o que se deve fazer. [14]

Em suma, a Gestão da Cadeia de Abastecimento mais do que um aprofundamento da logística integrada, traduz-se num alargamento da visão necessário para uma melhor e mais eficaz gestão das empresas na actualidade, através da redução de barreiras verticais (diminuição de níveis hierárquicos) e horizontais (fortalecimento dos processos e grupos inter-

departamentais), atenuação de barreiras externas (mudança de atitude com fornecedores, clientes e concorrentes) e geográficas (globalização das operações). Deste modo, as empresas e os seus parceiros de negócio podem partilhar previsões de vendas e cronogramas de trabalho, gerindo conjuntamente *stocks* e planos de entregas. Para os clientes, através da maximização destas sinergias, os custos dos produtos serão mais baixos e terão ainda mais valor agregado. [20]

Subsecção 2 - Logística.

De uma forma muito básica, podemos dizer que a logística é o processo de gestão dos fluxos de produtos, de serviços e da informação associada, entre fornecedores e clientes ou vice - versa, levando aos clientes onde quer lugar que se encontrem, os produtos e serviços pretendidos nas melhores condições. Torna-se um conceito muito importante para os consumidores, empresas e fornecedores por várias razões, nomeadamente a dispersão destes elementos a nível mundial, tornando a necessidade de deslocar materiais, serviços e produtos, numa escala global, com a máxima eficiência, respondendo às necessidades de procura e oferta entre os mesmos. Continua a ser um processo, na maioria dos casos, pouco compreendido, pois a sua complexidade, natureza, áreas de acção e teia de ligações que lhe é subjacente, tanto a nível das actividades logísticas como transporte, armazenagem e gestão de inventário como dos seus modelos de organização, planeamento, gestão de operações e comunicação, não nos permite retirar o máximo partido das suas oportunidades. [20]

Com o aparecimento do conceito de Cadeia de Abastecimento, fruto da complexidade crescente dos mercados, explicado na subsecção anterior, e sendo um conceito mais abrangente que envolve todas as acções e ligações, internas e externas, entre fornecedores e clientes e movimentações de produtos e informação, o termo Logística passou a designar-se como a parte do processo da Cadeia de Abastecimento que planeia, implementa e controla o fluxo, directo e inverso, de forma eficiente e eficaz, bem como a armazenagem de produtos serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, de modo a satisfazer os requisitos do cliente. [20]

Há ainda uma mais recente definição do conceito de Logística, motivado pelo aparecimento do conceito de Gestão da Cadeia de Abastecimento, passando a ser definida como Gestão Logística. Esta definição sugere que só na presença de bens físicos (gestão dos Transportes) ou no caso de serviços que exijam a colocação de bens físicos no terreno, se poderá designar Gestão Logística. [19] [20]

É possível identificar as principais responsabilidades da Gestão Logística numa empresa, a saber: [22]

- Localização de fábricas, armazéns e pontos de venda,
- Movimentação de materiais,
- Gestão de armazéns,
- Gestão de *stocks*,

- Processamento de encomendas,
- Transporte do produto,
- Embalagem,
- Compras,
- Previsão da procura do produto,
- Acreditação de fornecedores,
- Estabelecimento de níveis de serviço cliente,
- Assistência pós-venda,
- Devoluções,
- Comunicação da informação relativa aos fluxos físicos.

De um modo geral a logística está presente em todas as organizações, contribuindo para o aumento da dimensão da cadeia de abastecimento em que opera, pois o conhecimento e correcto uso da gestão logística garantem uma maior produtividade, eliminando vários tipos de desperdícios associados e mantendo um crescimento forte e equilibrado da empresa. [14]

Em jeito de conclusão, sabe-se que, além da gestão dos inventários físicos e da informação no domínio da logística, o modo como os produtos são desenvolvidos, comercializados e vendidos é de tal modo importante que, quando adicionados às relações formadas com fornecedores e clientes, traduz-se na gestão da cadeia de abastecimento. Visto desta perspectiva, a gestão da cadeia de abastecimento é claramente muito mais do que logística. Esta integração do planeamento de uma entidade e de funções executivas não representa apenas um caminho para alcançar a eficiência, mas uma estratégia global para fazer negócios. [14]

Nem todas as entidades conseguem alcançar uma cultura dirigida de cima para baixo e transversalmente pelo desempenho geral da entidade. Pelo contrário, a maioria das entidades são dirigidas por desempenho funcional - a busca da excelência em cada uma das diversas áreas funcionais tais como manufactura, compras, atendimento ao cliente, finanças e logística. Claramente, a excelência deve ser atingida em toda a organização para sobreviver e prosperar, mas é através de uma acção coordenada, de modo a atingir um objectivo digno, que se irão definir as entidades realmente grandes para além de todos os outros. [14]

Segundo várias instituições e autores existem vários modos de apresentar a definição de cada um dos conceitos apresentados anteriormente, mas no seu conjunto complementam-se e completam-se, podendo-se afirmar que a GCA não terá um papel tão operacional como a gestão da logística mas o pensamento terá de ser direccionado para a integração crescente de três áreas, a Gestão da Cadeia de Abastecimento, a Gestão Logística e o Marketing, sem anulação de nenhuma delas, podendo-se muitas vezes assistir a uma eventual sobreposição entre elas. De qualquer modo, a anulação de qualquer uma destas áreas é impensável, existindo sim reforços contínuos de competências específicas. [19]

Secção 4 - Glenday Sieve

Subsecção 1 - Definição e Aplicabilidade.

A ferramenta desenvolvida por Ian Glenday, *Glenday Sieve* (Crivo ou Peneira de Glenday), surge para ajudar a implementar um fluxo equilibrado numa determinada actividade de produção, gradualmente alargando este fluxo a toda a empresa garantindo sempre o normal funcionamento do resto do negócio. Na prática, consiste num método de identificação e análise de vários tipos de actividades que se possam contabilizar numa entidade como acções de manutenção ou fabricação, vendas, procedimentos ou serviços, organizando esta informação por volume de actividade, em primeira instância, permitindo depois identificar estratégias de gestão e melhorias específicas focado no volume de actividades com mais representatividade na produção, levando assim a uma produção nivelada e um fluxo perfeito. [23] [24]

Na generalidade dos casos, 50% das necessidades dos clientes correspondem a um pequeno número de actividades efectuadas repetidamente que podem ser identificadas como Fluxo Verde, devendo ser a sua execução facilitada e otimizada devido à sua frequente utilização. Por outro lado, entre 20% a 30% das actividades, são passíveis de ser inseridas no Fluxo Verde depois de tomadas algumas medidas, restando uma pequena percentagem representativa das actividades com muito poucas ocorrências, denominado Fluxo Vermelho, que devem ser alvo de especial atenção, pois são mais difíceis de gerir e prever, não podendo ser misturadas com as actividades do Fluxo Verde. No caso da manutenção do F-16 existem inúmeras acções e trabalhos efectuados numa inspecção e/ou reparação sendo o “cliente” a prontidão da aeronave para efectuar missões, portanto as acções de manutenção deverão ser realizadas no menor tempo possível. Podendo dividir-se estas acções em serviços, reparações de diferentes tipos e outras que combinam serviços e reparações. [23]

Através desta ferramenta é ainda possível: [24]

- Indicar onde se deve iniciar o mapeamento da cadeia de valor;
- Avaliar onde aplicar melhorias de capacidade;
- Identificar desperdícios (*Muda*);
- Permitir que toda a organização se envolva na superação das barreiras para criar valor.

É frequente confundir o *Glenday Sieve* (GS) com a abordagem dos *runners, repeaters and strangers*, mas este consiste na classificação dos itens em diferentes grupos de modo a determinar a frequência de produção, enquanto o GS além de classificar os itens em diferentes categorias, é diferente a lógica por detrás destas categorias bem como os resultados que se obtêm. [24]

A análise através da ferramenta GS deve ser efectuada através de três passos:

1. Obter os dados correctos.
2. Agrupar os dados.
3. Analisar os dados.

Para obter os dados correctos é necessário definir que tipos de produtos são e quais as diferenças entre eles, sendo estes, por norma, fornecidos pelas vendas por produto ou tarefas, tipos de procedimentos por serviço. O intervalo de tempo que deve ser escolhido conforme as características da cadeia de produção, se existirem variações sazonais, por exemplo, escolhem-se os dados relativos a esses períodos ou os dados relativos ao ano anterior ao que se pretende analisar e tomar medidas. [24] [25]

A forma de agrupar estes dados é através de uma tabela onde a informação é distribuída por produtos ou tarefas que mais vezes são necessários, organizados de forma decrescente, como exemplo da tabela 2: [24]

<i>Ranking do Produto</i>	<i>Descrição do Produto</i>	<i>Vendas/Tarefas (volume ou valor)</i>	<i>Vendas/Tarefas acumuladas</i>	<i>% vendas/tarefas acumuladas</i>

Tabela 2 - Exemplo de agrupamento de dados pelo método Glenday Sieve.

Fonte: I. Glenday, "Breaking Through to Flow". [24]

Depois de preenchida a tabela inicia-se a análise dos dados. Assumindo, a título de exemplo, que se trata de vendas percorre-se a coluna respeitante ao volume de vendas acumuladas até encontrar o valor de 50% das vendas, tomando nota do número correspondente na lista calculando-se de seguida a percentagem de produtos responsáveis por 50% das vendas através da equação:

$$\frac{\text{número de produtos correspondente a 50\% das vendas}}{\text{número total de produtos}} \times 100\%$$

Repete-se o procedimento anterior para 95% e 99% das vendas calculando a percentagem acumulada da gama de produtos responsáveis por 95 e 99% das vendas, o restante 1% das vendas é igual à percentagem restante dos produtos. É altura então de construir a seguinte tabela: [24]

% acumulada das vendas	% acumulada da gama de produtos	Código de cores
50%	-	Verde
95%	-	Amarelo
99%	-	Azul
Restante 1%	-	Vermelho

Tabela 3 - Exemplo de tabela resultante da análise de dados pelo método Glenday Sieve.

Fonte: I. Glenday, “Breaking Through to Flow”. [24]

De um modo geral, os resultados obtidos através do GS em diferentes tipos de organização são muito semelhantes, verificando-se que apenas uma pequena gama de produtos representam 50% das vendas das empresas, contrastando com a elevada percentagem associada a produtos que representam apenas 1% das vendas. [24] [26]

Subsecção 2 - Categorias de Produtos.

Este método também propõe, após análise dos dados, uma organização dos produtos por categorias, sendo estas divididas em Categoria Verde, Amarela, Azul e Vermelha.

Os produtos marcados a verde representam a maior fatia do volume de vendas, sendo rapidamente inseridos num programa de produção de base frequente, o que significa que é nesta categoria que se vai iniciar a sequência e volume do ciclo. Estes produtos devem ser alvo de grande atenção e incluídos na cadeia de valor, é fundamental alcançar um fluxo uniforme do processo que produz estes produtos de categoria verde, designado Fluxo Verde, otimizando assim o tempo de produção e regulando a resposta aos pedidos dos clientes. É muitas vezes difícil evitar as interrupções neste fluxo, por se encontrar misturado com outras categorias de produtos. [24]

Os produtos de categoria amarela são susceptíveis de integrarem o conceito *every product, every cycle* (produzir todos os produtos, todos os ciclos), se existirem modificações ao nível dos *layouts* das máquinas, dimensões das porções, tempos de modificação e outras perdas, utilizando as ferramentas *Lean*, será possível aumentar a capacidade de melhoria dos processos. Estando criadas as economias de repetição do Fluxo Verde, o que confere uma visível eficiência dos processos, é possível ir adicionando produtos de categoria amarela a este fluxo. [24]

No caso da categoria azul são produtos que contêm materiais que aumentam a complexidade do processo, não adicionando valor ao produto, por exemplo linhas de materiais que possuem apenas alterações marginais de tipo ou grau ou itens de empacotamento diferentes. Através da redução da complexidade é possível limitar as

possibilidades de qualquer coisa correr mal, procurando harmonizar os processos sem prejudicar o valor obtido no produto final. Alguns exemplos de complexidade em determinadas empresas são - Nove tipos diferentes de solvente numa fábrica de tintas reduzido a dois tipos - Ou - Quatro tamanhos de moldes de garrafas com possibilidade de reduzir para um. É difícil conseguir perceber quais as oportunidades da categoria azul. Inevitavelmente, são sempre encontradas razões para evitar harmonizar os processos mas, com esforço e tempo, esta tendência é reversível. [24]

Tipicamente, dos produtos da categoria vermelha, apenas 1% das vendas totais vem de 30% da gama de produtos. A praticabilidade de incluir estes produtos no ciclo de produção, simplesmente, não faz sentido.

Um modo de evitar este facto é suspender a venda destes produtos, no entanto, há outras hipóteses a considerar, devendo evitar-se precipitações neste tipo de avaliação.

Na presença de um item vermelho, é necessário formular duas questões:

- Qual o seu valor para o cliente?
- Qual o seu valor para a empresa?

A resposta à primeira questão deve ser dada pelos clientes e não pelos indicadores de vendas ou marketing. A segunda questão é resolvida comparando um custo mais realista destes produtos versus o seu benefício para a empresa.

O impacto total nos custos gerais de uma empresa, incluindo despesas, deve ser compreendido: o custo real associado aos itens vermelhos é muitas vezes muito mais elevado do que o estabelecido no ficheiro do custo do produto. Depois de estabelecer o custo mais real deste tipo de produtos, é necessário reformular a primeira questão - Qual o valor real para o cliente? Estariam na disposição de pagar um preço mais elevado por estes itens?

Se existir realmente uma valorização destes itens por parte do cliente, este irá pagar um preço mais realista. A subida dos preços destes itens funcionou em várias entidades, garantindo o lucro da entidade e a satisfação dos clientes que trocam dinheiro por valor. O objectivo, na presença de itens vermelhos, é torná-los valorizáveis aos olhos dos clientes e ao mesmo tempo lucrativos para a entidade, evitando assim a sua simples eliminação criando o Fluxo Vermelho específico para esta situação. [24]

Na óptica dos clientes, em termos de valor, os itens verdes são bastante diferentes em relação aos itens vermelhos. No entanto ambos são produzidos usando o mesmo equipamento e processos e sendo a sua gestão feita através do mesmo sistema de planeamento, medição e custos, resulta no prejuízo do valor do produto para o cliente bem como margens de lucro baixas ou nulas, para os dois tipos de fluxo.

As políticas, procedimentos e medição de performance necessárias para realizar com sucesso cada fluxo como entidade *Lean* são diferentes, devendo os dois fluxos ser separados, não fisicamente, mas através de planos de gestão diferentes. [24]

Subsecção 3 - *Runners, Repeaters, Strangers*.

Este conceito consiste num modo de análise dos produtos nas categorias, sendo o seu objectivo identificar e organizar os produtos da seguinte forma:

- *Runners* - produzir em todos os ciclos,
- *Repeaters* - produzir a cada 2 ou 3 ciclos,
- *Strangers* - produzir apenas quando necessário.

Não deve ser comparado com o método *Sieve* pois rege-se pela variação dos pedidos, adaptando a produção a cada pedido e misturando vários produtos no mesmo ciclo, ao contrário do que acontece no método *Glenday Sieve*, o princípio *every product, every cycle*. É considerada uma ferramenta de planeamento, não de melhoria contínua, pois não procura a redução de actividades e produtos que não adicionam valor. [24]

Capítulo 3 - *Lean Techniques*: aplicação na cadeia logística da aeronave F-16

Secção 1 - Sistema de Armas F-16 MLU

De modo a melhor compreender a complexidade e coordenação exigida a toda a cadeia logística associada ao F-16 *Mid-Life Upgrade (MLU)*, é agora tempo de conhecer a aeronave, as suas características e funções.

O *Lockheed Martin F-16 Fighting Falcon* é um caça ligeiro de combate aéreo fabricado desde o início da década de setenta, nos Estados Unidos da América. É considerado um dos melhores sistemas de armas criados desde a Segunda Guerra Mundial, sendo prova disso a sua operacionalidade até aos dias de hoje em várias Forças Aéreas a nível mundial. É uma aeronave altamente versátil e de grande manobrabilidade e através da sua construção modular e aviônicos digitais integrados, foi sendo possível melhorar continuamente as suas capacidades, permitindo uma reposta permanente a diferentes tipos de missão, bem como uma fácil integração e adaptação às tecnologias mais modernas, sempre em constante mutação. [7] [27] [28]



Figura 7 - Lockheed Martin F-16 MLU Fighting Falcon da Força Aérea Portuguesa.

Fonte: www.defenseindustrydaily.com. [46]

O F-16 entra ao serviço da FAP no ano de 1994 com a aquisição de 20 aeronaves novas do tipo F-16 A/B Bloco 15, com o programa *Operational Capabilities Upgrade* (OCU) já instalado. Comprovadas as capacidades da aeronave, uma nova esquadra constituída por 25 aeronaves do tipo F-16 A/B Bloco 15 OCU foi adquirida em 1998, provenientes do excedentário de material da Administração Americana, com o intuito de implementar o programa *Mid-Life Upgrade* (MLU) à semelhança das restantes Forças Aéreas Europeias (EPAF) que utilizam o F-16. Este programa consiste no aumento das capacidades da aeronave de modo a poder responder e competir eficazmente com aeronaves mais modernas, e também por ser uma actualização com menores custos comparado com a aquisição de novas aeronaves. [7] [27] [28] [31]



Figura 8 - Lockheed Martin F-16 MLU Fighting Falcon da FAP na BA5.

Fonte: www.forumdefesa.com/forum. [47]

Existem duas Esquadras na BA5 que operam estas aeronaves, a Esquadra 201 - “Falcões” e a Esquadra 301 - “Jaguares”, tendo a primeira como missões primárias executar operações de defesa aérea e de ataque convencional, operações de luta aérea defensiva, operações de luta aérea ofensiva, excepto “Suppression of Enemy Air Defenses (SEAD)” e operações de “Anti-Surface Air Operations (ASFAO) em todo o espectro (AI, CAS ASuW) excepto ASW”; a Esquadra 301 terá como principais missões executar operações de Defesa Aérea em quaisquer condições meteorológicas e de luminosidade tais como operações de luta aérea defensiva (DCA), operações de luta aérea ofensiva (OCA) e operações de defesa aérea em apoio a operações marítimas (Def. TASMO) e também executar operações de Ataque Convencional em quaisquer condições meteorológicas e de luminosidade como operações anti-superfície (ASFAO) e operações de ataque anti-aéreo (CA). [27] [37]

O programa de modificação das aeronaves implicava um longo processo de modificação, por isso, Portugal integrou nos trabalhos a realizar nas aeronaves as capacidades que as EPAF previam incorporar a curto prazo, sendo assim pioneiro ao incorporar simultaneamente melhorias decorrentes da USAF e das EPAF, dividindo o programa em três níveis abaixo indicados: [7] [30]

- Ao nível da Aeronave realizam-se modificações estruturais da fuselagem, aplicação de cablagens e equipamentos e teste;
- Ao nível do Motor são realizadas modificações aos motores originais;
- Ao nível dos Componentes são efectuados testes, modificações e reparações de equipamentos.

Relativamente ao nível da aeronave, especificamente, foi subdividida em quatro fases ou Docas descritas abaixo: [7] [30]

Doca 1 - Inspeção e selecção das fuselagens das aeronaves a adquirir por Portugal, efectuada no depósito de aeronaves pertencente ao Departamento de Defesa dos EUA.

Doca 2 - Desmontagem, teste e envio para reparação dos equipamentos das aeronaves. Estes trabalhos para a segunda esquadra foram efectuados em Portugal por militares da FAP. Para a primeira esquadra estes trabalhos são realizados pela OGMA.

Doca 3 - Modificações estruturais e instalação de cablagens. Decorre na OGMA e consiste na introdução das diversas modificações estruturais e a execução do MLU com a instalação de tecnologia digital no cockpit, cablagens e sua verificação.

Doca 4 - Instalação de equipamentos, testes e voo de experiência. É a parte final da modificação consiste na montagem de componentes, superfícies de voo, canhões, transparência da *canopy* e execução dos testes finais.



Figura 9 - Preparação de um F-16 na Doca 4 para um teste de voo.

Fonte: K. Carlson, Lt. Col., “Lean initiatives in the Portuguese air force”. [35]

A Doca 4 é realizada na BA5 por militares da FAP de acordo com a gestão *Lean*. Após este processo a aeronave regressa em voo à OGMA para a pintura final, que inclui uma técnica de aplicação e material de pintura especiais para diminuir as propriedades de reflexão das energias electromagnética e térmica, ficando assim concluído o processo. O objectivo de Portugal é a modificação de 40 aeronaves. [7] [30] [32] [35]

Secção 2 - Técnicas *Lean* aplicadas na cadeia logística do F-16

As primeiras aplicações no âmbito *Lean* na Força Aérea Portuguesa têm início com a introdução do programa de renovação MLU no sistema de armas F-16 pelo que, até ao início da análise feita nesta dissertação, já existiam várias modificações e experiência no âmbito *Lean*.

O processo de melhoria da gestão da cadeia logística do F-16 começou em Maio de 2010, através da formação de uma equipa responsável pela implementação das modificações a efectuar e com o objectivo de aumentar a eficiência e eficácia do apoio à operação do F-16, permitindo a constante operacionalidade da frota, bem como redução de gastos em material e actividades associadas. A abrangência do processo é relativa a todas as acções, desde a aquisição dos materiais até à entrega destes nas linhas de manutenção, o que inclui todas as ligações e actividades entre a BA5 e a DMSA. [33]

As acções e processos descritos neste capítulo decorreram na BA5, tanto na Esquadra de Abastecimento como na Esquadra de Manutenção, estando envolvidos os respectivos técnicos de cada secção, com o objectivo de otimizar e melhorar todo o processo de manutenção do F-16.

Subsecção 1 - Visão Global da Manutenção do F-16.

Antes de começar qualquer acção de melhoria é importante conhecer e reunir indicadores e dados relativos ao modo como o processo de manutenção decorre. No caso da manutenção do F-16 na BA5 a informação reunida permitirá conhecer os valores antes e após a implementação das técnicas *Lean*. Neste estudo o autor reuniu dados fornecidos pela Esquadra de Abastecimento (EABST) relativos ao ano de 2009, período em que a gestão da cadeia logística da manutenção do F-16 era efectuada segundo regras e modelos de gestão próprios, recolhendo depois novos dados relativos ao ano de 2010, de modo a poder procurar a existência de melhorias na gestão da cadeia de abastecimento.

As horas de voo realizadas pelas aeronaves são um dos primeiros dados importantes. No início de cada ano é planeado o número de horas que as aeronaves terão que efectuar de forma a poderem cumprir as missões que são programadas. Este requisito afecta de forma directa o processo de manutenção da aeronave pois os centros operacionais, esquadras e secções desta área são responsáveis por garantir a prontidão das aeronaves para as missões a realizar, coordenando os calendários de manutenção e a rápida resposta perante diversas avarias que possam ocorrer.

No ano de 2009 como figura na tabela 4, apresentam-se as horas de voo realizadas e as horas que se pretendem alcançar, denominadas nesta instituição como Regime de Esforço.

Horas de Voo e Regime de Esforço de 2009		
Esquadra	Horas de Voo Realizadas	Regime de Esforço
201	1606:40	1600:00
301	2689:20	2696:00
Total	4296:00	4296:00

Tabela 4 - Horas de Voo e Regime de Esforço relativos ao ano de 2009.

Fonte: Relatório Trimestral / Análise de Produção Centro de Gestão de Manutenção da Base Aérea N.º 5, Dezembro 2009 - 4º Trimestre de 2009 / Anual.

É de notar que para este estudo não é necessário fazer distinção entre as duas esquadras de aeronaves que operam na BA5, a Esquadra 201 e a Esquadra 301, pois a manutenção destas ocorre no mesmo local nas mesmas condições e o número total de aeronaves é o mesmo nos dois anos. É possível desde já verificar que, entre as duas esquadras, foi alcançado o regime de esforço para o ano 2009.

No gráfico 1 é possível observar com maior detalhe as horas de voo efectuadas mensalmente no ano de 2009 e no primeiro trimestre de 2010, sendo de notar a grande variabilidade do número de horas voadas em cada mês (linha azul, número de horas indicadas no lado direito) o que não significa, obrigatoriamente, uma maior probabilidade de ocorrência de avarias. De notar também que a linha referente às horas de voo acumuladas (linha vermelha) é praticamente coincidente com a linha de horas de voo planeadas (linha dourada), o que comprova o cumprimento do planeamento anual do regime de esforço.

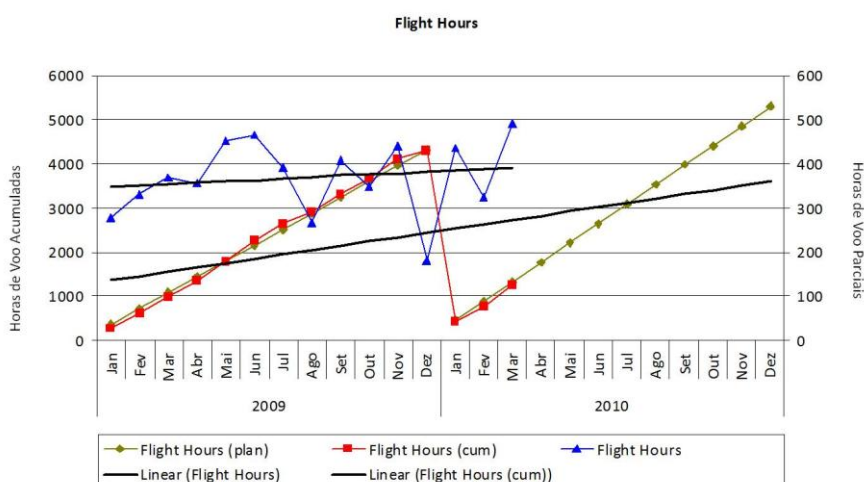


Gráfico 1 - Horas de Voo mensais e acumuladas relativas ao ano de 2009 e 2010.

Fonte: AB5 LEAN TEAM, Apresentação “F16 Supply Chain Programme” Maio de 2010. [48]

Outros dados importantes para a percepção dos acontecimentos são as acções de manutenção efectuadas em função das horas de voo, apresentadas na tabela 5, que ocorreram no ano de 2009, o que irá possibilitar a comparação com os dados de 2010.

Avarias / Horas de Voo em 2009			
ESQ.	Avarias	Horas de Voo	Avarias/Horas de Voo
201	1330	1606:40	0,83
301	2332	2689:20	0,88
Total	3662	4296:00	0,85

Tabela 5 - Número de Avarias por Horas de Voo relativas ao ano de 2009.

Fonte: Relatório Trimestral / Análise de Produção Centro de Gestão de Manutenção da Base Aérea N.º 5, Dezembro 2009 - 4º Trimestre de 2009 / Anual.

É importante salientar que nestes dados o número de avarias engloba todas as acções efectuadas nas aeronaves, sejam elas realmente avarias ou apenas acções de rotina programadas que os técnicos inserem no Sistema Integrado de Apoio à Gestão na Força Aérea (SIAGFA), de onde foram recolhidos os dados.

Outro dado importante na avaliação da implementação das técnicas *Lean* será a quantidade de requisições de material efectuadas à EABST antes e depois das modificações. Na tabela 6 constam todos os tipos de requisições que passaram pela Ligação Manutenção Abastecimento (LMA) durante o ano de 2009, respeitantes a todas as secções de manutenção do F-16.

Requisições Controlo Material - LMA							
Prioridade	20 Normal	01 AFSFP	08 TFPF	15 A/AFSFP	Mercado	SIG	Reparados Backshop
Satisfeitas	453	0	9	9	23	29	10
Pendentes	11	0	0	0	0	0	2
Trânsito	137	0	0	2			
Débito	74	1	35	10	37	0	0
Indeferida	13	1	3	4			
Somatório	688	2	47	25	60	29	12
Total Req's				863			

TFPF - Trabalhos Parados por Falta de Peças.
 AFSFP - Aeronave Fora de Serviço por Falta de Peças.
 A/AFSFP - Antecipação por Aeronave Fora de Serviço por Falta de Peças.
 SIG - Sistema Integrado de Gestão.

Tabela 6 - Requisições de material da LMA - 2009.

Fonte: Relatório Trimestral / Análise de Produção Centro de Gestão de Manutenção da Base Aérea N.º 5, Dezembro 2009 - 4º Trimestre de 2009 / Anual

Nesta dissertação o objectivo é avaliar o material necessário para as avarias que ocorrem com maior frequência a ser utilizado pelas esquadilhas de manutenção de motores, sistemas hidráulicos e pneumáticos e sistema de combustível, portanto, nos gráficos 2 e 3 apresentam-se os consumos de material das secções de motores e pneudráulicos no ano de 2009, em função das horas de voo, e no gráfico 4 apresentam-se as requisições de material da manutenção geral pois não foi possível obter os dados relativos aos consumos da secção de manutenção de combustível por motivos alheios ao autor.

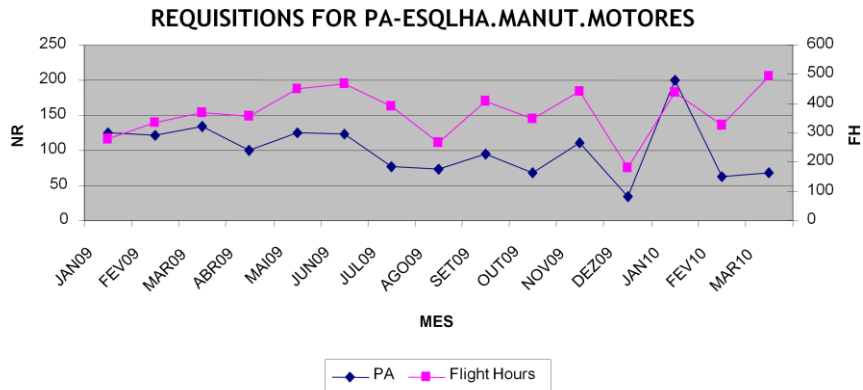


Gráfico 2 - Requisições de material da esquadilha de manutenção de motores - 2009.
 Fonte: AB5 LEAN TEAM, Apresentação “F16 Supply Chain Programme” Maio de 2010. [48]

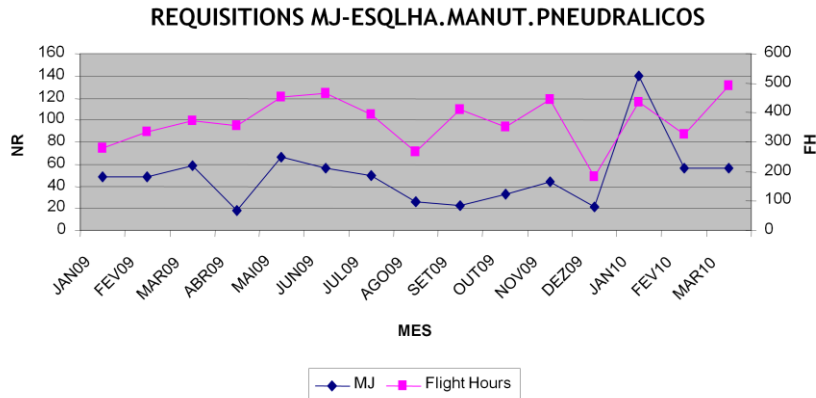


Gráfico 3 - Requisições de material da esquadilha de manutenção de pneudráulicos - 2009.
 Fonte: AB5 LEAN TEAM, Apresentação “F16 Supply Chain Programme” Maio de 2010. [48]

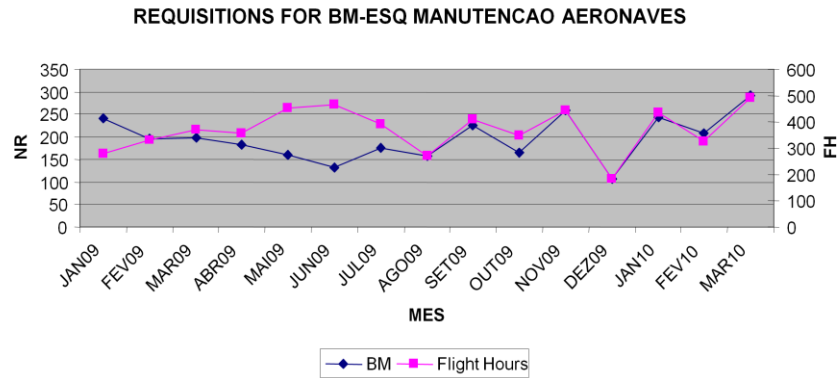


Gráfico 4 - Requisições de material da esquadilha de manutenção GERAL - 2009.

Fonte: AB5 LEAN TEAM, Apresentação “F16 Supply Chain Programme” Maio de 2010. [48]

Podemos desde já retirar da análise dos gráficos acima apresentados, que existe uma relação entre as horas de voo e o número de requisições bastante notório no gráfico 2, ou seja, quando aumentam as horas de voo surge um aumento de requisições de material para manutenção, o que leva a pressupor que as esquadilhas de manutenção efectuavam os pedidos de material consoante as avarias decorrentes da operação das aeronaves, sem existir uma análise geral das necessidades principais de material, levando assim a imensas variações nos stocks existentes na EABST.

Estão reunidos os primeiros dados necessários para conhecer a situação inicial da cadeia de abastecimento da manutenção do F-16, dando assim o ponto de partida para efectuar os vários procedimentos e tomar as medidas necessárias para transformar esta linha de manutenção numa cadeia de abastecimento *Lean*.

Subsecção 2 - Gestão *Lean* na Cadeia de Logística do F-16.

Durante o ano de 2010 foram aplicadas metodologias e técnicas *Lean* após um estudo pormenorizado de todos os processos e respectivas acções que ocorrem desde que o mecânico necessita de um item, passando pela intervenção da EABST da BA5, do Depósito Geral de Material da Força Aérea (DGMFA) e pela DMSA se os itens necessitarem de ser adquiridos. Nesta subsecção são apresentados os passos dados desde a formação da equipa responsável pela concepção e aplicação das modificações *Lean* até aos primeiros resultados destas. A equipa *Lean* é formada por representantes das várias áreas que integram a cadeia logística da manutenção do F-16, tendo recebido formação por consultores especializados que também acompanham o decorrer dos trabalhos.

Primeiro passo - Mapeamento da Cadeia de Valor (MCV)

De modo a poder identificar e conhecer os desperdícios e tempos gastos na cadeia de abastecimento, foi realizado em Maio de 2010 o mapeamento da cadeia de valor do processo, em toda a sua extensão, tendo-se também efectuado algumas modificações na organização dos espaços de trabalho e a análise dos processos que se efectuavam. Foi possível retirar algumas conclusões importantes sobre o processo de manutenção do F-16 tais como; 158 etapas do processo das quais apenas 15 adicionam valor, 117 dias de duração, dos quais 2,5 são trabalho efectivo na satisfação das requisições e envolvência de 44 pessoas. A eficiência do processo é de 10%. [33]

Os principais desperdícios identificados pela equipa *Lean* que contribuíam para o mau funcionamento da cadeia logística são variados, tais como; processamento devido a documentos, sistemas de informação diferentes e tarefas secundárias; movimento derivado da deslocação de pessoal entre áreas e entrega de documentos; defeitos como informações incorrectas, documentos com erros, prazos de validade ultrapassados e reparações mal efectuadas; espera provocado por aquisições lentas, sistemas de informação lentos, lotes de material e aprovações hierárquicas; inventário devido a baixa rotação de stock, dificuldade em perceber a procura e material sem consumos; ao nível do pessoal por intervenientes em excesso no processo, horários incompatíveis e outros casos particulares; produção por excesso de inspecções ao material, circulação de documentos e duplicado de acções e transporte devido a dispersão dos armazéns e distância entre armazéns e oficinas de manutenção. [33]

Através destes dados foi então possível definir uma situação futura para o funcionamento eficaz da cadeia logística, como demonstra o esquema da figura 10.

SITUAÇÃO FUTURA

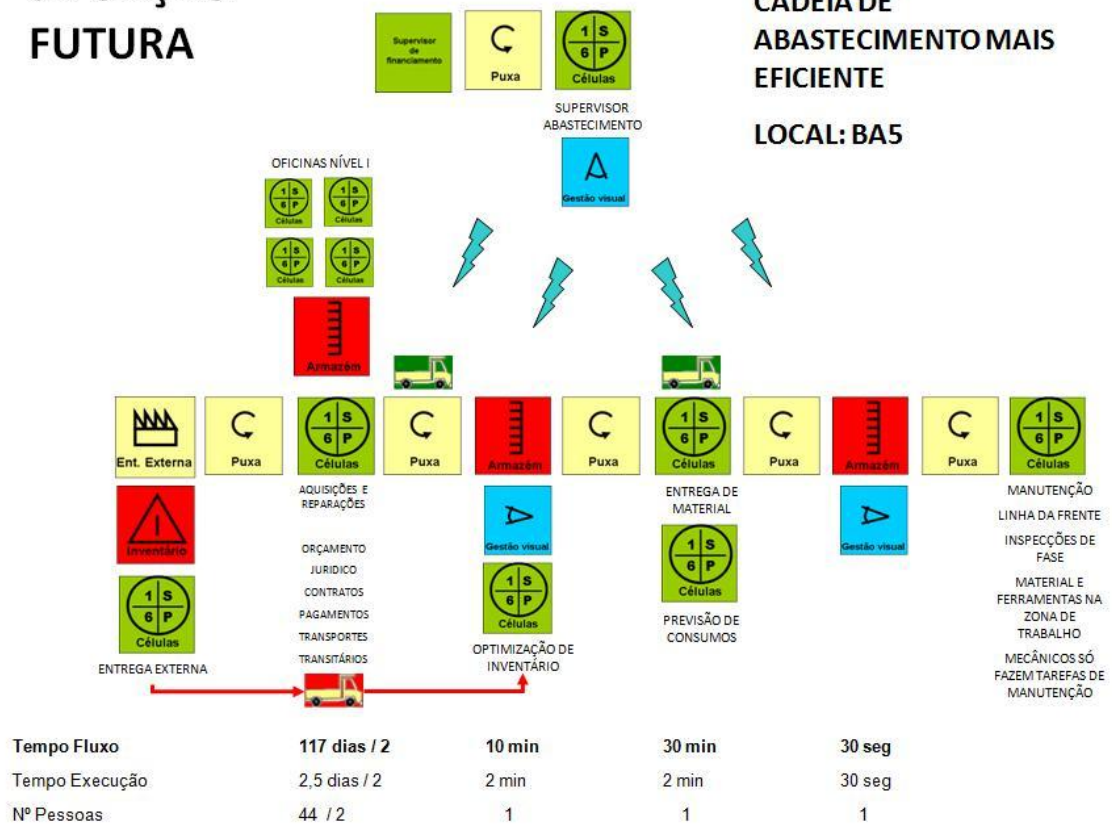


Figura 10 - Situação Futura da Cadeia de Abastecimento do F-16.

Fonte: AB5 - LEAN TEAM, "F16 Supply Chain Improvement Programme - Rapid Improvement Event Prep". [33]

Este novo modelo, designado cadeia de valor horizontal, substitui o anterior modelo de organização vertical através da remodelação dos locais de trabalho (células) de acordo com as orientações da metodologia *Lean* (fluxo unitário, trabalho padrão, organização 6S e princípio *pull*) resultando numa maior rapidez e eficácia nos processos; a outra particularidade trazida pelo novo modelo é a criação de novas equipas de trabalho, orientadas e formadas de acordo com os princípios da filosofia *Lean*. É possível observar através deste modelo de organização que, para cada momento da cadeia, consegue-se reduzir os tempos de execução das tarefas e o número de pessoas envolvidas nos processos, resultando numa clara optimização que levará a uma diminuição de complexidade e custos. A cadeia é activada a partir da célula de manutenção (mais à direita), que opera directamente na aeronave, desencadeando o fluxo de tarefas e informação ao longo da cadeia até chegar aos fornecedores. [33]

Relativamente à temática desta Dissertação, a atenção centra-se numa parte específica da cadeia logística, o funcionamento e interacção da Esquadra de Manutenção (EMANUT) e da Esquadra de Abastecimento (EABST), patente na figura 11.



Figura 11 - Pormenor do esquema da Situação Futura da Cadeia de Abastecimento do F-16.

Fonte: AB5 - LEAN TEAM, "F16 Supply Chain Improvement Programme - Rapid Improvement Event Prep". [33]

Segundo Passo - Eventos Kaizen (Rapid Improvement Events - RIE)

Com as ilações tiradas do MCV e feita a contabilização do tempo das várias tarefas de manutenção, teve lugar em Junho de 2010 um RIE (Rapid Improvement Event) ou evento *Kaizen*, com o objectivo de reorganizar o grande e os pequenos armazéns da EABST, estabelecer a gestão visual das requisições de material, simplificando os processos associados, e criar uma célula de optimização e redução de inventário. Através da metodologia A3, que permite definir um plano da sequência das alterações a efectuar e dos objectivos a atingir, a EABST efectuou alterações ao *layout* do armazém e dos gabinetes associados e começou a criação de *kanbans* nos hangares de manutenção, como ilustra a figura 12. Esta aplicação permitiu contabilizar os tempos de entrega de material e custo associado de acordo com o número de requisições, assim como o cruzamento e análise das listas de material existente no armazém e nas oficinas através das listas de requisições de material feita pela EMANUT à EABST, o que permitiu uma visão geral das quantidades e tipo de material que circulavam entre estas esquadras, estabelecendo-se definitivamente os objectivos a alcançar. Estão lançadas as primeiras bases para estender a gestão *Lean* a toda a cadeia logística da manutenção do F-16. [33] [34]



Figura 12 - Modificações no *layout* dos armazéns e hangares.

Fonte: AB5 - LEAN TEAM, “F16 Supply Chain Improvement Program - RAPID IMPROVEMENT EVENTS HOW GOES IT”. [39]

Num segundo evento *kaizen* com a duração de uma semana, em Outubro de 2010, procedeu-se à finalização da implementação dos *kanbans* nos sectores, sendo o principal objectivo chegar ao final da semana com o sistema de entrega de material, entre a EABST e os vários sectores, estandardizado e funcional. Foi contabilizado previamente o número de acções que um mecânico efectuava desde que precisava de um item até o obter, resultando num total de 49 passos, dos quais 47 não adicionavam valor ao processo, sendo apenas 2 passos que realmente adicionavam valor (ver Anexo 1). [41]

No primeiro dia do evento reuniu-se a equipa *Lean* com todos os elementos directamente ligados aos processos de manutenção (Chefes dos sectores, mecânicos e responsáveis dos armazéns) sendo definidos os objectivos concretos para a semana, metas a atingir por cada dia e o compromisso de envolvimento de todos na procura de melhoria dos processos, resultando na elaboração de uma listagem, de cada sector, do material mais utilizado e as respectivas quantidades que deverão estar no *kanban*. O que se pretende com esta implementação é a eliminação do material em excesso e material não utilizado existente em cada secção, reduzindo desta forma ao mínimo indispensável que garanta a eficaz e rápida reparação do F-16 nas avarias e acções de manutenção mais frequentes, bem como a rentabilização do tempo utilizado pelo mecânico para efectuar as tarefas necessárias na reparação da aeronave, não o gastando em actividades que não acrescentam valor ao seu serviço. [36]

No segundo dia do evento o objectivo era a construção dos *kanbans*, tendo como base uma listagem elaborada por cada sector, com o material identificado como necessário para as tarefas mais frequentes. O autor foi convidado a participar activamente nas acções levadas a cabo durante o evento *kaizen* que resultaria na elaboração, em conjunto com os militares, dos vários *kanbans*, o que permitiu uma percepção muito próxima da aplicabilidade das metodologias *Lean* e na resolução das dificuldades inerentes a este projecto.

O modo como funcionava o circuito de material consumível antes da implementação da gestão *Lean* era claramente um exemplo de planeamento *just-in-case*, ou seja, cada sector possuía um pequeno “*stock de bancada*” de material que permitia a gestão dos técnicos no hangar de manutenção, e através da Ligação Manutenção Abastecimento onde eram efectuadas as requisições de material à EABST, como ilustra a figura 13.

Consegue-se identificar neste processo vários modos de efectuar a gestão de material, pois cada sector requisitava conforme a sua própria gestão e conforme a anomalia identificada na aeronave, não havendo qualquer tipo de padronização de trabalho, levando a EABST a efectuar várias entregas pequenas e pontuais, sem conseguir realizar previsões de consumos, resultando no atraso das entregas de material e, por consequência, desperdiçando tempo útil e mão-de-obra além dos elevados custos de aquisição de várias linhas de artigos não necessários.

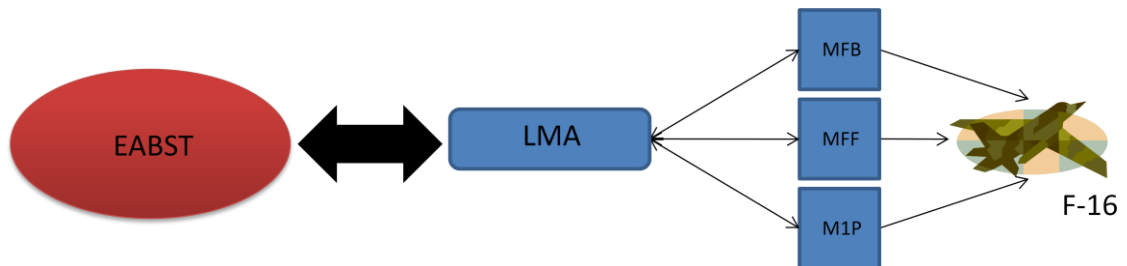


Figura 13 - Esquema de funcionamento do abastecimento de material.

A determinação do número de caixas e material necessário no *kanban* de cada sector foi elaborada pelos técnicos das mesmas, em sintonia com a EABST, resultando nos seguintes valores.

<i>Kanban</i>	Número de caixas
Motores	94
Pneudráulicos	71
Combustível/Hidrazina	347

Tabela 7 - Número inicial de caixas definido para cada sector.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Determinado o número de caixas necessárias para cada secção foi idealizado e construído o que seria o *kanban* de cada sector, exemplificado na figura 14, pois cada secção tem as suas especificidades e material. O cartão contém vários elementos de identificação como secção, material e seus códigos, número da caixa, nível e quantidade a repor.



Figura 14 - Concepção inicial dos *kanbans*.

Fonte: Fotos tiradas durante o RIE na BA5 em Novembro de 2010.

No final do segundo dia do RIE praticamente todos os *kanbans* estavam finalizados e ficaram algumas sugestões para o processo de entrega de material. De notar o elevado número de caixas nos sectores em estudo, uma vez que a mudança não é à partida definitiva, sendo sujeita a várias alterações no decorrer do tempo, os passos devem ser dados devagar e com coerência. Outro factor decisivo para o sucesso na concretização destes objectivos é sem dúvida o empenho e a vontade de mudar demonstrada pelos militares envolvidos, pois a realização da manutenção na BA5 foi durante vários anos executada segundo um modelo diferente, pelo que existe a necessidade de uma alteração cultural e predisposição para a mudança por parte de todas as pessoas envolvidas e muito esforço para acompanhar as alterações e mudar os métodos de trabalho.

O objectivo do terceiro dia consistia em completar os *kanbans* que faltavam bem como conceber e padronizar o processo de entrega de modo a ser rápido e eficaz, testar o circuito, idealizar um sistema de auditoria dos *kanbans* e por fim, estabelecer o procedimento de um tipo de reparação particular que são os componentes reparáveis.

Após um primeiro teste ao circuito de entrega do material nos *kanbans*, estimou-se cerca de trinta minutos para completar a volta de verificação e reabastecimento dos *kanbans*, o que levou ao aparecimento de novos problemas como caixas compostas por materiais que não constam no *kanban* do armazém da EABST, a inexistência de materiais que são

armazenados em ambiente climatizado entre outros, ou seja, situações cuja ocorrência seria de esperar pois, como está patente na filosofia *Lean*, é muito provável encontrar ainda mais falhas quando se resolve um problema. Ficou definido o sistema de auditoria dos *kanbans* que consiste num quadro, representado na figura 15, com informação dos problemas, causas e medidas preventivas tomadas para cada *kanban*, através de um cartão correspondente a cada *kanban* a preencher pelo técnico enquanto faz a distribuição e recolha do material e que indica as falhas encontradas, o que irá permitir uma avaliação constante do funcionamento do processo, o que é essencial para o progresso da melhoria.

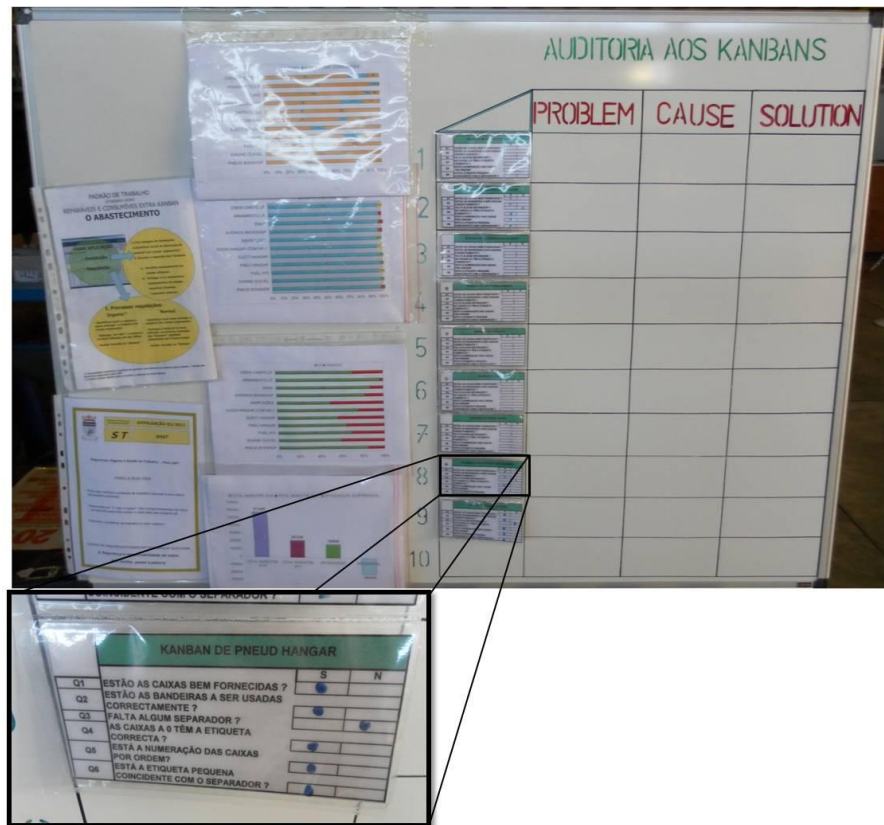


Figura 15 - Kamishibai *Kanban* Audit na BA5.

Fonte: Fotografia tirada na EABST.

Relativamente ao circuito de material reparável aconteceu no quarto dia uma reunião entre as secções que trabalham com este tipo de itens, chegando-se a um consenso relativamente ao funcionamento deste circuito específico que consiste, resumidamente, na responsabilidade da EABST pelas movimentações do material na BA5, quer seja reparado internamente quer haja necessidade de reparar fora da base, tendo os técnicos que depositar o item devidamente identificado, na sala onde funcionou a LMA sendo recolhido posteriormente por um técnico da EABST durante o circuito de reabastecimento dos *kanbans*, que o encaminha até ao reparador e por fim devolve na mesma sala, na prateleira específica de material reparado, para ser levantado pelo técnico da secção que o lá depositou

inicialmente. Ficou assim definido e a funcionar, num curto espaço de tempo, o modo de funcionamento do material reparável.

Chegado o final da semana foi tempo de avaliar os avanços alcançados durante os trabalhos, mas acima de tudo centrar as atenções nas dificuldades que surgiram e determinar o melhor caminho para as superar, ao mesmo tempo que se apelou à continuação do empenho nas metas a atingir, à redução de custos e simplificação dos métodos de trabalho, aguardando a partir deste momento pelo evoluir dos acontecimentos e agindo em conformidade com o pensamento *Lean* e com as técnicas aprendidas para resolver as situações desfavoráveis que com certeza vão surgindo no dia-a-dia da cadeia logística do F-16.

Subsecção 3 - Recolha de dados de 2010 e primeira análise.

À semelhança da subsecção 1, foram reunidos dados relativos ao ano de 2010 através de recolhas do autor no local, de relatórios anuais e apresentações periódicas elaboradas pela equipa *Lean*.

O primeiro dado a apresentar é relativo às horas de voo efectuadas e regime de esforço para o ano de 2010, apresentado na tabela 8.

Horas de Voo e Regime de Esforço de 2010		
Esquadra	Horas de Voo Realizadas	Regime de Esforço
201	765:10	850:00
301	3996:15	4390:00
Total	4761:25	5240:00

Tabela 8 - Horas de Voo e Regime de Esforço relativos ao ano de 2010.

Fonte: Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.

Relativamente a 2010 contabilizaram-se 4761:25 horas, mais 465:25 horas que em 2009 (4296:00), sabendo que o regime de esforço e as horas de voo em 2009 são iguais, em 2010 existe uma diferença de 478:35 horas de voo a menos em relação ao regime de esforço, o que significa que se conseguiu completar os objectivos com menos horas. É de salientar que o ano de 2010 é anómalo pois consoante o programa MLU foi evoluindo iam sendo retiradas aeronaves da Esquadra 201 que, após a sua modificação estar concluída, iam sendo inseridas na Esquadra 301. [38]

O relatório anual de manutenção de aeronaves de 2010 produzido pela Qualidade da BA5, estabeleceu um modo mais correcto de analisar as avarias ocorridas separando os tipos de Código de Avaria (CAV) que não correspondem a uma anomalia propriamente dita, como exemplificado na tabela 9.

CAV	Descrição
002	De Lubrif / Servicing
786	Pneu gasto
795	Sem deficiência - Cumprimento de Ordem Técnica.
798	Sem defeito - OTC cumprida por verificação
808	Sem defeito - Substituição por limite de potencial
809	Sem defeito - Remoção por mudança de configuração

Tabela 9 - Códigos de Avaria e sua descrição.

Fonte: Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.

Esta opção de análise dos dados é sem dúvida mais correcta e real pois apenas contabiliza as avarias que não são possíveis de prever separando-as das acções cuja realização pode ser preparada com antecedência, permitindo a concentração apenas nas anomalias que realmente necessitam de uma rápida resolução. Na tabela 10 é possível visualizar a diferença entre o total de CAV sem distinção entre eles (CAV Total) e os CAV que correspondem a anomalias efectivamente (CAV Efectivo). [38]

Diferença entre CAV Total e CAV Efectivo		
ESQ.	CAV Total	CAV Efectivo
201	895	308
301	5618	2203
Total	6513	2511

Tabela 10 - Diferença entre CAV total e CAV efectivo.

Fonte: Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.

É possível observar que a diferença entre os valores do CAV Total e CAV Efectivo corresponde a uma diminuição na ordem dos 60%, não sendo portanto possível uma correcta comparação com os dados das avarias de 2009. No entanto, para este trabalho são os valores de CAV Efectivo que devem ser contabilizados pois são os valores mais correctos, mantendo na mesma os CAV Total a título informativo. [38]

Após esta explicação apresenta-se na tabela 11 o número de avarias por horas de voo do ano 2010.

CAV Efectivo / Horas de Voo em 2010			
ESQ.	CAV Efectivo	Horas de Voo	Avarias/Horas de Voo
201	308	765:10	0.40
301	2203	3996:15	0.55
Total	2511	4761:25	0.53

Tabela 11 - Número de CAV Efectivo por Horas de Voo relativos ao ano de 2010.

Fonte: Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.

Segundo o raciocínio feito anteriormente, os resultados da tabela 11 não são comparáveis com os do ano de 2009, no entanto, para poder conhecer a evolução de 2009 para 2010 apresenta-se na tabela 11.1 os valores CAV Total.

CAV Total / Horas de Voo em 2010			
ESQ.	CAV Total	Horas de Voo	Avarias/Horas de Voo
201	895	765:10	1.17
301	5618	3996:15	1.41
Total	6513	4761:25	1.37

Tabela 11.1 - Número de CAV Total por Horas de Voo relativos ao ano de 2010.

Fonte: Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.

Pela análise da tabela 11.1 é possível verificar que o número de horas voadas aumentou em cerca de 10% relativamente a 2009, mas o facto do número de avarias por hora de voo ter aumentado no ano de 2010 pode ser explicado por alguns factores como, aumento de inspecções de fase (três em 2009 para dez em 2010) e o apoio a Forças Aéreas estrangeiras no decorrer dos exercícios militares bem como o próprio aumento de horas voadas. Ainda assim, sabendo que não se atingiu o regime de esforço de 5240:00 em 2010, o aumento das avarias nas duas frotas em relação a 2009 é da ordem dos 31%. [38]

Em suma, não seria de esperar alterações significativas no ano de 2010 pois as células foram criadas em Junho desse ano e o conjunto de metodologias *Lean* necessitam de tempo e modificações constantes nos processos, pelo que poderá ser visível apenas localmente, ou seja, nas secções em estudo nesta Dissertação cujos dados e análise são apresentados na próxima subsecção.

Subsecção 4 - Dados e análise das secções em estudo.

Com uma visão global dos dados de manutenção do F-16, nesta subsecção o foco é o funcionamento das secções de manutenção de motores, pneumáticos e combustível e consiste na análise do número de avarias que ocorrem com maior frequência em cada uma, associando o material necessário para as reparações das mesmas e por fim, identificar quais as avarias que realmente contribuem para a maior parte do trabalho efectuado na secção pelos técnicos e que material deve pertencer aos respectivos *kanbans*.

Para tomar conhecimento das várias secções, o autor procedeu à recolha dos dados relativos a cada uma junto do Centro de Gestão da Manutenção (CGM), da EABST, dos técnicos das áreas em estudo e através de apresentações e relatórios produzidos por órgãos da BA5. Numa primeira fase procedeu-se à recolha junto do CGM dos dados relativos às acções de manutenção do ano de 2010, inseridos na aplicação SIAGFA, sendo possível obter a lista das vinte acções que se repetem mais vezes, estando identificadas pelo Código de Unidade de Trabalho (CUT) e pela descrição das tarefas efectuadas. O Código de Unidade de Trabalho (CUT) faz parte do SIAGFA e consiste na divisão dos vários sistemas e subsistemas que compõem a aeronave F-16, sendo cada CUT relativo a uma localização específica da aeronave, mas que por vezes poderá originar erros de análise devido ao baixo rigor com que, ocasionalmente, são introduzidos no SIAGFA.

Na EABST foi possível obter os gráficos dos movimentos de itens e de caixas e por fim, junto dos técnicos das várias secções procedeu-se à triagem das listas das vinte principais avarias de modo a eliminar aquelas que não necessitam de material disponível nos respectivos *kanbans*, ou seja, efectuando o mesmo raciocínio aplicado anteriormente na avaliação global das avarias identificadas pelo respectivo CAV (ver tabela 9).

Como proposto nos objectivos desta dissertação o autor aplica no final desta análise o método *Glenday Sieve* para avaliar a necessidade do material disponível nos *kanbans* em estudo, pois sendo à partida uma redução significativa de material, pela filosofia *Lean*, poderá ser possível otimizar e emagrecer os custos com o material disponível nos *kanbans*.

4.1 - Secção de Manutenção de Motores (SMM).

Esta secção é responsável pela manutenção de todos os motores de ambas as esquadras de F-16 que operam na BA5, o *kanban* inicial era composto por noventa e quatro (94) caixas. Na tabela 12 constam as vinte principais avarias que ocorreram na secção de motores, estando distribuídas por ordem decrescente de ocorrências identificadas pelo respectivo CUT e a descrição da tarefa inserida pelo mecânico que reparou a avaria.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA
23Y00-Z	INSTALAR E REMOVER MOTOR/EFFECTUAR OS DOWNLOADS AOS MOTORES/EFFECTUAR INSP. 100 IFT AO MOTOR	290
23000-Z	EFFECTUAR DOWNLODS AOS MOTORES DAS AERONAVES/EFFECTUAR INSP. 100/200/400 IFT AO MOTOR	226
24DA0-Z	SUBSTITUIR JFS START FUEL NOZZLE/SUBSTITUIR FLTRO DA MANIFOLD DO JFS	41
24EBA-Z	INSTALAR E REMOVER PTO SHAFT	34
24D00-Z	REMOVIDO O JFS. REAJUSTADA A ENTRADA DE AR. REINSTALADO O JFS. TESTADO. OK	20
24000-Z	FALHOU ARRNUQUE E PORTAS DO JFS NÃO FECHARAM/JFS RUN LIGHT ON BITT BALL	17
24DC0-Z	REMOVER/INSTALAR DESSC	14
24DBA-Z	REPLACE FUEL PUMP FILTER	12
0341G-Z	Efectuar Inspeção de Fase de 300H	11
231AL-Z	CUMPRIR TCTO 1F-16-2545	8
24DCA-Z	SUBSTITUIR BATERIA DO DESSC	7
231BA-Z	THROTLE QUADRANT CHECKS	6
231EC-Z	Cumprir TCTO 1F-16-MRAIR989	6
23HC0-Z	CUMPRIR TCTO PTAJ 2J-F100-7503, AO MOTOR	6
23100-Z	EFFECTUAR OP.CHECKS ENGINE STARTING	5
24DDD-Z	SUBSTITUIR TUBEIRA DE ESCAPE DE JFS	5
231A0-Z	Perform engine emergency warning system check	4
231B0-Z	THROTLE CONTROL MINI FORCE	4
231BH-Z	Substituir o Engine e JFS start panel	4
231EB-Z	ACCOMPLISH TCTO MRAIR 989	4

Tabela 12 - Vinte principais avarias da SMM no ano de 2010.

Fonte: Dados recolhidos na BA5.

Junto da EABST foi possível obter dados relativos às movimentações de material e de caixas dos *kanbans* após a implementação destes, em Agosto de 2010, até ao primeiro trimestre de 2011. No gráfico 5 é possível ver a percentagem do número de caixas movimentadas no *kanban* da secção de manutenção de motores.

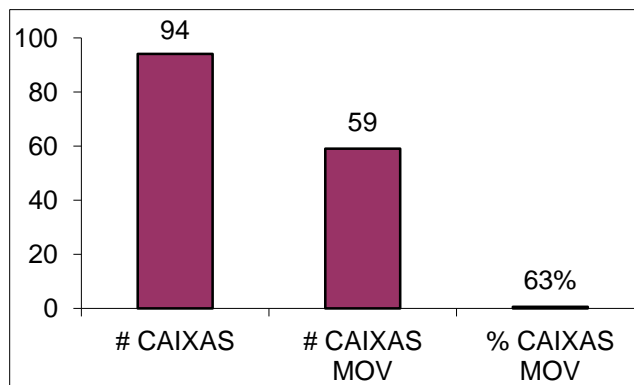


Gráfico 5 - Número de caixas do *kanban* da SMM e respectivo número de caixas movimentadas.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

A leitura imediata do gráfico 5 permite concluir que as noventa e quatro (94) caixas pré-estabelecidas não foram todas utilizadas, o que pode acontecer pois como já foi referido anteriormente, as avarias são imprevisíveis e não se repetem, necessariamente, durante a operação do F-16, sendo apenas possível fazer uma previsão de acordo com os dados anteriores de ocorrência de avarias. Porém a percentagem de utilização das caixas situa-se acima dos 50%.

No caso da movimentação de itens que compõem as caixas do *kanban* durante igual período, representado no gráfico 6, é possível verificar que a quantidade movimentada ultrapassa bastante o total de itens pré-estabelecidos.

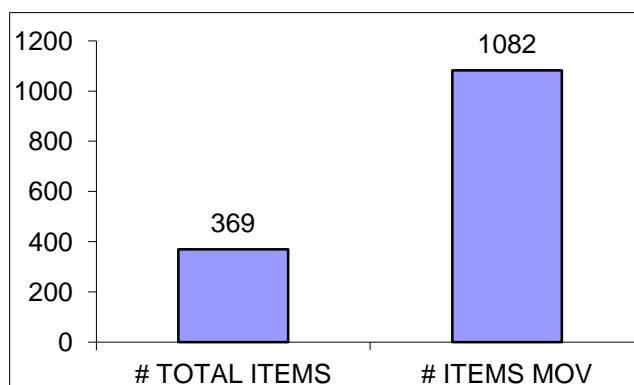


Gráfico 6 - Número total de itens no *kanban* da SMM e número total de itens movimentados.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Seria de esperar que os itens que compõem o *kanban* fossem suficientes para assegurar a manutenção sem necessidade de requerer material extra, no entanto, pelo mesmo motivo acima apresentado, esta diferença é justificada por ocorrências anómalas que tenham levado à necessidade de utilizar mais material, não invalidando uma nova revisão das caixas e do material nelas contido.

Com os dados acima recolhidos foi possível, com a ajuda dos técnicos de manutenção desta secção, fazer uma triagem das avarias que realmente são avarias bem como das acções cujo CUT implica a utilização de material do *kanban*. A tabela 13 é a lista de tarefas efectuadas que correspondem efectivamente a anomalias e utilização material do *kanban*.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA A TAREFA
24DA0-Z	SUBSTITUIR JFS START FUEL NOZZLE/SUBSTITUIR FLTRO DA MANIFOLD DO JFS	41
24EBA-Z	INSTALAR E REMOVER PTO SHAFT	34
24DBA-Z	REPLACE FUEL PUMP FILTER	12
24DCA-Z	SUBSTITUIR BATERIA DO DESSC	7
24DDD-Z	SUBSTITUIR TUBEIRA DE ESCAPE DE JFS	5
23PB0-Z	SUBSTITUIDO O "CENC"	3
231FA-Z	SUBSTITUIDO O ANTI-ICE DETECTOR	2
24DFB-Z	SUBSTITUÍDO JFS SPARK PLUG/Substituído JET FUEL STARTER IGNITOR	2
23BP5-Z	SUBSTITUÍDO AP5 PLUG	1
24DBE-Z	REPLACE JFS MANIFOLD FILTER	1
24DBG-Z	SUBSTITUIDO START FUEL NOZZLE	1

Tabela 13 - Lista final de avarias e número de vezes que foram efectuadas na SMM.

Fonte: Dados recolhidos na BA5.

A redução de tarefas obtida com a triagem é bastante significativa, levando questionar a composição do *kanban* e, provavelmente, a oportunidade de reduzir o número de caixas propostas inicialmente. A tabela 14 permite conhecer as avarias da tabela 13 nas quais é utilizado material do *kanban* e que quantidades existem nas caixas, denominado nível.

CUT	Número das caixas	Nível	Total itens repostos
24DA0-Z	6	2	4
24EBA-Z	29 / 31 / 34	6 / 6 / 6	6 / 8 / 14
24DBA-Z	90	2	6
24DCA-Z	76	2	2
24DDD-Z	1 / 2 / 3 / 4 / 23 / 33 / 38 / 39	2 / 2 / 4 / 4 / 54 / 2 / 52 / 54	2 / 2 / 5 / 2 / 0 / 0 / 0 / 0
23PB0-Z	Packing	-	-
231FA-Z	Packing	-	-
24DFB-Z	7	2	3
23BP5-Z	Packing	-	-
24DBE-Z	13	2	5
24DBG-Z	Repetida	-	-

Tabela 14 - Lista de CUT, número das caixas, nível de material no *kanban* e número de itens repostos na SMM.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Numa primeira análise da tabela 14 é possível contabilizar 16 caixas utilizadas na resolução das principais avarias com um total de 202 itens existentes nas respectivas caixas. No caso dos CUT 23PB0-Z, 231FA-Z e 23BP5-Z o material existe disponível em *packing*, ou seja, o conjunto de itens é definido e embalado previamente para este tipo de avarias. Existem algumas caixas em que foram repostos apenas o número correspondente ao nível (caixas 1, 2, 29 e 76) pelo que se depreende que as quantidades estão de acordo com a necessidade enquanto as restantes mostram diferenças entre o nível e os itens repostos, quer por excesso quer por defeito, resultante de avarias que se tenham repetido mais vezes do que o previsto ou, itens que não tenham sido necessários nas reparações.

Foi realizada uma entrevista a um técnico desta secção que consistia apenas em saber as vantagens e/ou desvantagens do sistema *kanban* na sua área de trabalho, à qual foi respondido que o novo sistema reduzia o tempo desperdiçado nas requisições de itens e o reabastecimento passou a ser constante e de acordo com as necessidades.

Em suma, a lista de vinte avarias obtida através do SIAGFA foi restringida a apenas onze avarias que efectivamente necessitam de ter material disponível no *kanban*, e da tabela 14 quais as caixas que eventualmente poderão necessitar de ser revistas.

4.2 - Secção de Manutenção de Pneudráulicos (SMP).

À semelhança do ponto anterior o mesmo estudo e apresentação são feitos nas próximas duas secções em estudo. A secção de manutenção de pneudráulicos cujo nome resulta da junção de pneumático e hidráulico, ocupa-se da manutenção destes sistemas, sendo dividido em Nível O e Nível I. Esta divisão ocorre também noutras secções mas para o caso da SMP o estudo foi feito ao conjunto dos dois níveis. O Nível O tem que ver com manutenção organizacional que significa acções de manutenção directamente na aeronave; o Nível I significa manutenção intermédia, ou seja, acções de manutenção efectuadas a componentes em oficinas normalmente dentro do hangar de manutenção. Na tabela 15 constam as vinte principais avarias retiradas do SIAGFA respeitantes ao conjunto dos dois níveis de manutenção referidos acima.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA
13DAA-A	INSTALAR PNEU NA JANTE ESQ	144
13DAA-B	INSTALAR PNEU NA JANTE DTA	121
13DBA-Z	INSTALAR PNEU NA JANTE NARIZ	72
45000-Z	EFFECTUAR INSPECÇÃO AO COMPARTIMENTO DO MOTOR	54
45A00-Z	CUMPRIR TCTO 1F-16-2431 /EFFECTUAR OP.CHECKS COCKPIT HYD PRESSURE WARNING	43
13CAA-Z	Nose Landing Gear Steering Collar Lower Nut for Proper Torque	39
14D00-Z	Insp. Left and Right Angle Gearbox for Freedom and Smoothness of Rotation/CUMPRIR TCTO 1F-16-5850	38
45AA0-Z	FUGA HIDRAULICA JUNTO AO FILTRO DE PRESSÃO DO SISTEMA A/FUGA HIDRAULICA NO POÇO DO TREM PRINCIPAL DIREITO	24
13000-Z	FUGA HIDRAULICA NA ZONA DA SWIVEL /INSP HYDRAULICS LEAKS	17
13EAH-A	SUBSTITUIDO O BLOCO DE TRAVÕES ESQ	17
14DFG-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 3 TO STA 4	17
14DFG-B	INSTALAR TORQUE SHAFT RH STA 3 TO STA 4	16
14DFB-Z	INSTALAR/REMOVER TORQUE SHAFT LH PDU TO AGB	14
14DFF-B	INSTALAR TORQUE SHAFT, STA 2 TO STA 3 RH	14
0341G-Z	Efectuar Inspeção de Fase de 300H	13
45AB0-Z	Remove and Replace Hydraulic Filter Element, JFS/Brake Return,	13
13CAG-Z	CUMPRIR TCTO PTAf 452-80-6501 E AVERBAMENTO DE INSP. 6 ANOS AO DRAG BRACE, NLG	12
14DFE-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 1 TO STA 2	12
14DFC-Z	INSTALAR/REMOVER TORQUE SHAFT PDU AO AGB RH	11
45AN0-Z	INSTALAR BOMBA HIDRÁULICA SISTEMA "A"	11

Tabela 15 - Vinte principais avarias da SMP no ano de 2010.
Fonte: Dados recolhidos na BA5.

Ao observar os dados da tabela 15 é possível verificar que a grande parte das tarefas desenvolvidas por esta secção estão relacionadas com o sistema de aterragem nomeadamente ao nível das jantes das aeronaves. De notar também o elevado número de vezes que as tarefas se repetiram.

Os gráficos 7, 8, 9 e 10 abaixo representados identificam as movimentações de caixas e material do nível O e I, efectuados no mesmo período de tempo acima indicado.

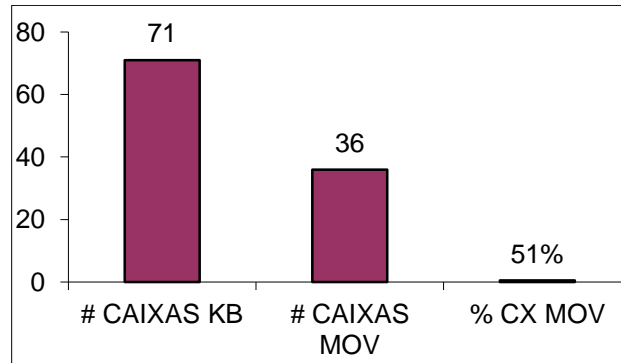


Gráfico 7 - Número de caixas do *kanban* da SMP e respectivo número de caixas movimentadas no nível O.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Do gráfico 7 verifica-se uma movimentação de caixas na ordem dos 50% para o nível O tendo sido movimentadas 36 das 71 caixas pré-estabelecidas.

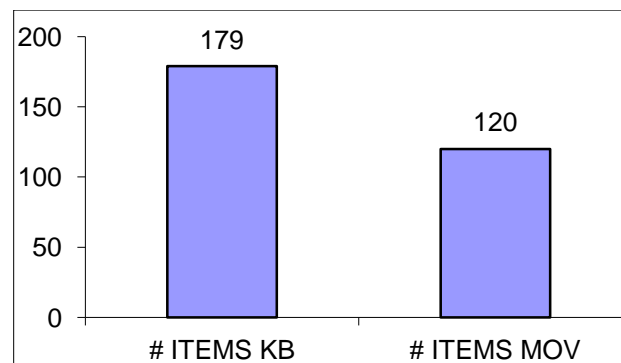


Gráfico 8 - Número total de itens no *kanban* da SMP e número total de itens movimentados respeitantes ao nível O.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Já no caso da movimentação de itens verifica-se elevado número de movimentos em relação aos itens no *kanban*, ou seja, não foram necessários pedidos extra de material, levando a considerar o decréscimo dos níveis de itens iniciais.

No gráfico 9 é apresentada a movimentação de caixas, à semelhança do gráfico 7, mas para o nível I.

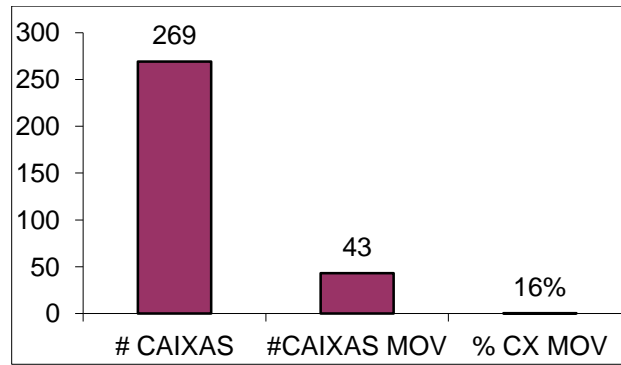


Gráfico 9 - Número de caixas do *kanban* da SMP e respectivo número de caixas movimentadas no nível O.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Da análise do gráfico 9 é possível verificar a possível existência de excesso de caixas pois apenas conta com 16% de movimentação. A confirmação do excesso de caixas é dada pelo gráfico 9 onde constam o número de movimentações de material do nível I.

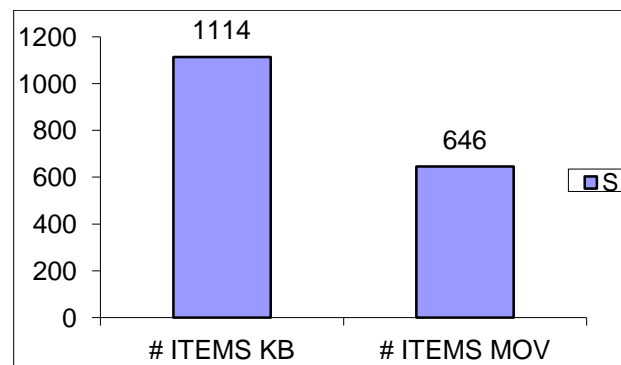


Gráfico 10 - Número total de itens no *kanban* da SMP e número total de itens movimentados respeitantes ao nível I.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

A comprovar o excesso de caixas está o baixo número de itens movimentados relativamente ao disponível, pelo que será necessária a intervenção neste *kanban*.

Feita a análise dos gráficos anteriores novos dados mais detalhados são fornecidos pela triagem da tabela das principais vinte avarias, efectuada pelo autor junto dos técnicos da SMP, revelando em pormenor as várias irregularidades na constituição dos *kanbans* como demonstra a tabela 16.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA A TAREFA	Caixas Utilizadas
13DAA-A	INSTALAR PNEU NA JANTE ESQ	144	269,260,270,265,252,258,261,250,253,274,275
13DAA-B	INSTALAR PNEU NA JANTE DTA	121	269,260,270,265,252,258,261,250,253,274,275
13DBA-Z	INSTALAR PNEU NA JANTE NARIZ	72	267,240,245,238,241,246,237,236,244,235,243,249,222,232,234,233,231,230,248,228,237,247,229,238
13CAA-Z	Nose Landing Gear Steering Collar Lower Nut for Proper Torque	39	Não existem caixas no kanban
45AAO-Z	FUGA HIDRAULICA JUNTO AO FILTRO DE PRESSÃO DO SISTEMA A/FUGA HIDRAULICA NO POÇO DO TREM PRINCIPAL DIREITO	24	2,5
13000-Z	FUGA HIDRAULICA NA ZONA DA SWIVEL /INSP HYDRAULICS LEAKS	17	Pode ser só apertar tubo por avaria não estar definida
13EAH-A	SUBSTITUIDO O BLOCO DE TRAVÕES ESQ	17	1,6,41,55
14DFG-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 3 TO STA 4	17	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
14DFG-B	INSTALAR TORQUE SHAFT RH STA 3 TO STA 4	16	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
14DFB-Z	INSTALAR/REMOVER TORQUE SHAFT LH PDU TO AGB	14	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
14DFB-B	INSTALAR TORQUE SHAFT, STA 2 TO STA 3 RH	14	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
45ABO-Z	Remove and Replace Hydraulic Filter Element, JFS/Brake Return,	13	Não existem caixas no kanban
13CAG-Z	CUMPRIR TCTO PTAf 4S2-80-6501 E AVERBAMENTO DE INSP. 6 ANOS AO DRAG BRACE, NLG	12	18,20,22,47,49,134
14DFE-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 1 TO STA 2	12	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
14DFC-Z	INSTALAR/REMOVER TORQUE SHAFT PDU AO AGB RH	11	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
45ANO-Z	INSTALAR BOMBA HIDRÁULICA SISTEMA "A"	11	38,56,outras caixas que não existem caixas no kanban
14DFE-B	INSTALAR TORQUE SHAFT RH STA 1 TO STA 2	10	24, outras caixas que não existem caixas no kanban
13BAH-Z	CUMPRIR PTAf 4SA6-32-6501 E INSP. DE 6 ANOS NO DRAG BRACE MLG	8	18,20,22,47,49,134
13EAH-B	SUBSTITUIDO O BLOCO DE TRAVÕES DTO	8	1,6,41,55
14DFD-A	INSTALAR/REMOVER TORQUE SHAFT AGB/STA1 LH	8	24, outras caixas que não existem caixas no kanban

Tabela 16 - Lista final de avarias da SMP e caixas utilizadas na reparação das mesmas.

Fonte: Dados recolhidos na BA5.

Na coluna das caixas utilizadas na resolução das avarias é possível verificar algumas irregularidades como a inexistência de caixas no *kanban* para a manutenção de avarias, situações em que a avaria não está bem definida no SIAGFA, levando a duas situações distintas para a sua resolução em que, uma implica material do *kanban* outra não (ver na tabela 16 a descrição do CUT 13000-Z), pelo que se torna evidente a necessidade de rever as caixas existentes no *kanban*.

A partir das dez principais avarias que ocorrem nesta secção (ver na tabela 16 as linhas a vermelho) elaborou-se a tabela 17 onde são identificadas as caixas que foram reabastecidas durante o período de estudo tomando conhecimento das caixas e níveis que necessitaram de modificações.

Nº da caixa	Nível	Total itens repostos
1	2	7
2	2	7
5	2	12
6	2	0
24	1	1
41	2	4
55	13	6
222	15	7
228	10	24
229	10	18
230	12	23
231	30	45
232	30	70
233	1	5
234	20	80
235	20	0
236	10	0
237	5	6
238	5	3
240	10	4
241	10	4
243	20	0
244	20	22
245	10	2
246	10	0
247	10	0
248	10	5
249	12	4
250	50	37
252	50	0
253	20	0
258	100	50
260	30	0
261	50	0
265	20	0
267	8	0
269	20	101
270	20	4
274	30	0
275	20	0

Tabela 17 - Número das caixas, nível de material e número de itens repostos no *kanban* da SMP.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

As primeiras sete caixas da tabela 17 estão associadas à manutenção de nível O enquanto a maior parte das caixas movimentadas e reabastecidas nas dez principais avarias dizem respeito a tarefas do nível I, pelo que deverá ser dada especial atenção a esta parte do *kanban*. Em entrevista efectuada pelo autor a um técnico da SMP a opinião relativamente à implementação das novas metodologias é positiva, pois permite o constante reabastecimento de uma forma simples e rápida.

4.3 - Secção de Manutenção de Combustível e Hidrazina (SMC).

Todo o sistema de combustível, que engloba tanques internos e externos e o sistema auxiliar de Hidrazina, é da responsabilidade desta secção sendo uma das mais complexas a nível de resolução de avarias uma vez que as fugas de combustível são muito difíceis de localizar devido à imensa quantidade de depósitos existentes em toda a aeronave F-16. Na tabela 18 figuram as vinte principais avarias da SMC.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA A TAREFA
46000-Z	FUGA DE COMB. PELO STRAINER/FUGA DE COMB. PELO RECEPTACULO DE REFUELING/FUGA DE COMB. PELA VENT PORT	337
46FA0-Z	CORRIGIR CLAMP RING ´S/INSPECÇÃO ANUAL AO TANK, 370 GALLON/	100
46FB1-Z	INSTALAR E REMOVER AFT PIVOT BOLT	97
46A00-Z	CROSSFEED VALVE CHECKOUT / EFECTUAR MAIN FUEL SHUTOFF VALVE/Remove and Replace Jet Fuel Starter Fuel Inlet Filter	46
46FB0-B	EFECTUAR INSPECÇÃO A ANUAL AO FUEL PYLON/INSTALAR WING FUEL PYLON DTO	44
46FB0-A	EFECTUAR INSP. ANUAL AO WING FUEL PYLON/INSTALAR DROP ESQUERDO DE 370 GAL.	40
46AN0-Z	Inspect, Lubricate Electrical Connectors and Perform Electrical Checkout of Engine Fuel Shutoff Valve Actuator	29
24BA0-Z	INSP&INSTL HYDRAZINE FUEL TANK	25
24A00-Z	INSP EPU NITROGEN VALVE/EFECTUAR PURGA E DESCONTAMINAÇÃO DO EPU POR ACTIVACÃO	19
24BD0-Z	REMOVER GN2 VALVE POR CONTAMINAÇÃO DE HIDRAZINA	18
46B00-Z	AERIAL REFUEL CHECK /Ajustment Air Refuel Switch	18
0341G-Z	Efectuar Inspeção de Fase de 300H	13
24000-Z	EPU SYSTEM CHECKOUT	12
46D00-Z	F1 Tank Fuel Cell Cavity Leak Check /CUMPRIR TCTO PTAF 1F-16-6542	12
46BB0-Z	EFECTUAR CHECKOUT AO AERIAL REFUEL	11
46C00-Z	INT&EXT VENT AND PRESS CHECK	11
24AA0-Z	REMOVER/INSTALAR EPU	9
46AFC-Z	INSTALAR FFP	9
46E00-Z	FUEL INDICATION CHECKS	8
46FB2-Z	INSTALAR AFT PIVOT BOLT NO EXT. FUEL TANK	7

Tabela 18 - Vinte principais de avarias da SMC no ano de 2010.

Fonte: Dados recolhidos na BA5.

À primeira vista é possível verificar na tabela 18 o destaque do principal tipo de avarias que ocorre nesta secção, identificado pelo CUT 46000 - Z, com 337 ocorrências que podem acontecer em qualquer parte da aeronave.

De seguida apresenta-se o gráfico 10 onde se apresenta o número de movimentação de caixas na SMC.

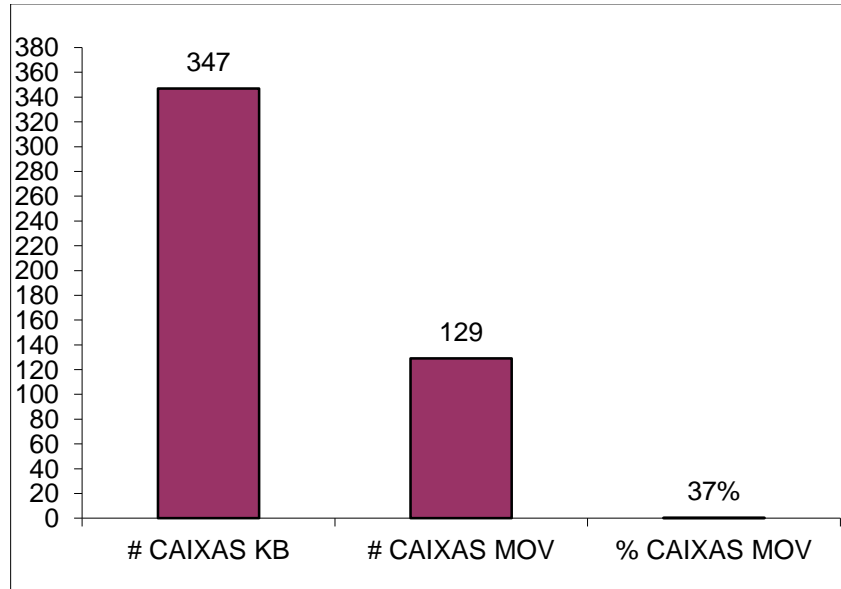


Gráfico 11 - Número de caixas do *kanban* da SMC e respectivo número de caixas movimentadas.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Apesar da irregularidade das avarias com que a SMC lida, será possível otimizar as quantidades e tipo de materiais através da análise mais pormenorizada das avarias. Pela análise do gráfico 11 é possível verificar a existência de um elevado número de caixas no *kanban* mas um baixo número de caixas movimentadas, resultando numa movimentação de 37% no período estabelecido da recolha de dados.

Para a análise do número de itens existentes e movimentados no *kanban* segue-se o gráfico 12.

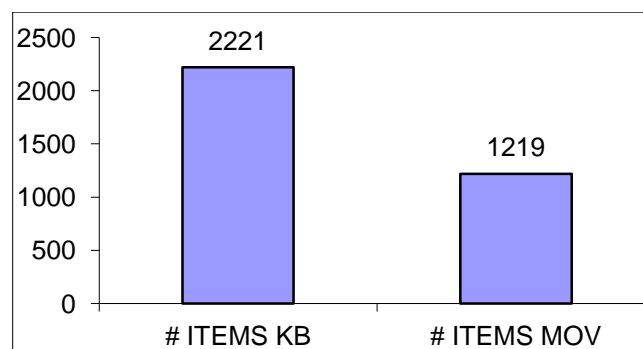


Gráfico 12 - Número total de itens no *kanban* da SMC e número total de itens movimentados.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Mais uma vez, em concordância com o gráfico 11, o número de itens movimentados situa-se abaixo da quantidade total de itens do *kanban*, o que sugere um excesso de material disponível mas, por outro lado, poderá essa existência ser justificada pela irregularidade e complexidade da manutenção nesta secção em particular.

Para poder analisar em maior detalhe as avarias que ocorreram o autor efectuou, à semelhança das secções estudadas anteriormente, a triagem das vinte principais avarias junto dos técnicos da SMC que resultou na tabela 19.

CUT	TAREFA	Nº VEZES EFECTUADA A TAREFA
46000-Z	FUGA DE COMB. PELO STRAINNER/FUGA DE COMB.PELO RECEPTACULO DE REFUELING/FUGA DE COMB.PELA VENT PORT	337
46FB1-Z	INSTALAR E REMOVER AFT PIVOT BOLT	97
46A00-Z	CROSSFEED VALVE CHECKOUT /EFECTUAR MAIN FUEL SHUTOFF VALVE/Remove and Replace Jet Fuel Starter Fuel Inlet Filter	46
24A00-Z	INSP EPU NITROGEN VALVE/EFECTUAR PURGA E DESCONTAMINAÇÃO DO EPU POR ACTIVAÇÃO	19
24BD0-Z	REMOVER GN2 VALVE POR CONTAMINAÇÃO DE HIDRAZINA	18
24AA0-Z	REMOVER/INSTALAR EPU	9
46AFC-Z	INSTALAR FFP	9
46FB2-Z	INSTALAR AFT PIVOT BOLT NO EXT. FUEL TANK	7
46EC0-Z	REMOVER O FUEL FLOW TRANSMITER	5
46FAC-Z	LEFT DROP TANK WITH VERY SLOW FEEDING	3
46AH0-Z	INSTALAR CROSSFEED VALVE	2
46CA0-Z	REMOVIDA A VÁLVULA DE PRES. DOS TANKS EXTERNOS	2
46DB0-Z	INSTALAR F1 TANK.	2
46AK0-Z	REMOVER FLOW DIVIDER VALVE	1
46BRB-Z	FALHA NO ENGATE DO AAR	1
46CCA-Z	REMOVER REMOTE SENSING PRESSURE RELIEF VALVE	1
46EQA-Z	SUBSTITUIDO O PRESSURE SWITCH. TESTADO. OK	1
46FAA-Z	SUBSTITUIR SONDA DA SECÇÃO DE NARIZ	1

Tabela 19 - Lista final de avarias e número de vezes que foram efectuadas na SMC.

Fonte: Dados recolhidos na BA5.

Encontradas as avarias que contribuem para a maior parte da actividade da secção, é possível através da tabela 20 observar as caixas utilizadas nestas avarias.

CUT	Número das caixas
46000-Z	Indeterminado
46FB1-Z	174 (não foi obrigatoriamente utilizado)
46A00-Z	278 / 296
24A00-Z	186 / 216 / 218
24BD0-Z	218 / 279 / 280
24AA0-Z	234 / 279 / 280
46AFC-Z	243 / 249 / 255 / 259 / 275 / 280
46FB2-Z	174 (não foi obrigatoriamente utilizado)
46EC0-Z	21 / 296
46FAC-Z	204 / 255
46AH0-Z	278 / 296
46CA0-Z	194 / 225 / 243 / 244 / 246 / 255 / 278 / 294
46DB0-Z	203 / 209 / 214 / 225 / 226 / 244 / 245 / 251 / 252 / 256 / 259 / 277 / 278 / 296 / 297 / 301 / 304 / 306
46AK0-Z	277 / 278
46BRB-Z	243 / 249
46CCA-Z	244 / 246 / 255
46EQA-Z	274 / 300
46FAA-Z	58 / 59 / 132 / 147 / 160 / 226 / 302 / 339

Tabela 20 - Lista de CUT e respectivo número das caixas utilizadas no *kanban* da SMC.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Da tabela 20 é possível verificar a repetição de caixas para a resolução de diferentes tipos de avarias, o que não significa que o nível não corresponda às necessidades. Mesmo com a triagem existem algumas avarias que eventualmente podem não utilizar material na sua resolução como as avarias correspondentes aos CUT 46FB1-Z e 46FB2-Z. O número de vezes que as últimas oito avarias se repetem é praticamente irrisório quando comparado com as dez primeiras avarias, no entanto existem muitas caixas envolvidas na resolução destas avarias, como veremos a seguir, que podem ter significado nas movimentações gerais desta secção.

Na tabela 21 os números das caixas apresentadas na tabela 20 estão organizados por ordem crescente sem repetições.

Nº da caixa	Nível	Total itens repostos
21	5	6
58	8	8
59	10	90
132	2	5
147	10	5
160	2	3
174	2	6
186	2	0
194	2	7
203	2	0
204	2	0
209	2	0
214	2	0
216	2	0
218	2	0
225	50	0
226	50	100
234	2	0
243	10	20
244	10	5
245	10	0
246	10	5
249	10	5
251	2	0
252	10	0
255	10	5
256	5	3
259	10	5
274	10	0
275	10	25
277	10	5
278	10	15
279	10	0
280	10	0
294	10	5
296	10	15
297	2	0
300	10	0
301	5	0
302	4	4
304	2	0
306	10	0
339	2	0

Tabela 21 - Número das caixas, nível de material e número de itens repostos no *kanban* da SMC.

Fonte: Dados recolhidos na EABST.

Da análise da tabela 21 é possível constatar que apenas 4 caixas necessitaram de reposições mais elevadas enquanto a maior parte não, o que indica a necessidade de revisão. Existem também várias caixas que não necessitaram de reposição, o que significa que não foram utilizadas.

De um modo geral é possível verificar pelas duas tabelas anteriores que apesar das últimas oito avarias só se terem repetido uma ou duas vezes neste período utilizaram várias caixas, sendo algumas compostas por um número elevado de itens agravado pela necessidade de reabastecer quase todos, alguns com elevado número de itens, pelo que terá peso na análise de consumos deste *kanban*, apesar da probabilidade de ocorrência destas avarias acontecerem relativamente às dez principais ser muito baixa.

Resumindo, a SMC possui um elevado número de caixas no *kanban* que é justificado pela variabilidade do tipo de avarias que possui, no entanto, ao longo do tempo e com mais dados é certo que várias caixas possam ser dispensadas, pois a avaliar pela análise feita acima, sem contar com a avaria número um, os valores de caixas necessárias e material associado não é muito extensa. De referir que em entrevista com um técnico desta secção foi identificada uma avaria cuja resolução iria implicar o uso de grande parte do material existente no *kanban*, mas não sendo uma avaria que se repita frequentemente poderá não se justificar ter todo o material na secção; foi também questionado sobre a melhoria das condições de trabalho após a implementação *Lean* ao que respondeu favoravelmente.

Subsecção 5 - Balanço primário da manutenção do F-16.

Foi possível, através da leitura das subsecções anteriores, compreender como se efectua a manutenção da aeronave F-16 na BA5 e as primeiras conclusões possíveis de retirar é a do aumento de horas de voo de 2009 para 2010, que não significou obrigatoriamente um aumento de avarias das aeronaves, mas que com certeza exige maior eficácia e prontidão das secções na reparação de avarias. De notar também que a variação de requisições existente em 2009 é completamente contra os princípios da metodologia sugerida pela filosofia *Lean*. Um factor que não permitiu a real comparação das avarias foi a diferente abordagem entre os dados de cada ano, é importante conhecer as avarias totais e as avarias que efectivamente são anomalias.

No que diz respeito a cada secção, é de notar o maior equilíbrio no *kanban* de motores uma vez que é mais fácil identificar a origem das avarias, o que proporciona uma maior facilidade em definir o material necessário e como construir o *kanban*. No caso da secção de pneumáticos é importante definir concretamente as necessidades da manutenção de nível I, estando o nível O mais perto de garantir as necessidades. A secção de combustível, pela sua complexidade de avarias, é a mais exigente em termos de selecção de material sendo no entanto possível reduzir o número de caixas e de material, pois é preciso ter em conta a optimização do funcionamento da EABST nas entregas de material, com tempos de

entrega mais curtos e maior eficiência na identificação e obtenção do material pretendido devido a uma maior e melhor integração e cruzamento de dados.

O passo seguinte consiste na aplicação de um método de triagem integrado no âmbito *Lean*, denominado *Glenday Sieve* que permite organizar as avarias, identificadas pelo respectivo CUT, de acordo com a sua representatividade no conjunto das principais avarias identificadas, sugerindo ainda, segundo um código de cores, as atitudes a tomar para cada conjunto de avarias.

Secção 3 - Aplicação do método *Glenday Sieve*

Nesta secção é apresentada uma abordagem diferente relativamente à análise das avarias, consistindo na obtenção da percentagem que cada uma representa no trabalho total da secção. O método de *Glenday Sieve* (GS), como explicado na secção 4 do capítulo, visa a ordenação das actividades em estudo segundo um código de cores de modo a poder decidir e reorganizar o modo de funcionamento dos processos.

Nos pontos seguintes será feita a aplicação do método individualmente a cada secção, pois estas trabalham independentemente, interpretando os resultados a seguir a cada aplicação.

1 - *Glenday Sieve* na Secção de Manutenção de Motores.

Utilizando os dados apresentados na secção anterior, foram organizados na tabela 22 de acordo com o método proposto. Na primeira coluna constam os CUT, na segunda coluna a descrição das avarias e na terceira coluna o número de vezes que se repetem as tarefas. A quarta coluna indica o volume acumulado de tarefas, e por fim a percentagem que cada avaria representa no valor acumulado de tarefas realizadas.

	CUT	Avarias	Nº tarefas	valor acumulado	% do valor acumulado	Código
1	24DA0-Z	SUBSTITUIR JFS START FUEL NOZZLE/SUBSTITUIR FLTRO DA MANIFOLD DO JFS	41	41	37,96	Verde
2	24EBA-Z	INSTALAR E REMOVER PTO SHAFT	34	75	69,44	Amarelo
3	24DBA-Z	REPLACE FUEL PUMP FILTER	12	87	80,55	
4	24DCA-Z	SUBSTITUIR BATERIA DO DESSC	7	94	87,03	
5	24DDD-Z	SUBSTITUIR TUBEIRA DE ESCAPE DE JFS	5	99	91,66	
6	23PB0-Z	SUBSTITUIDO O "CENC"	3	102	94,44	Azul
7	231FA-Z	SUBSTITUIDO O ANTI-ICE DETECTOR	2	104	96,29	
8	24DFB-Z	SUBSTITUÍDO JFS SPARK PLUG/Substituído JET FUEL STARTER IGNITOR	2	106	98,14	Vermelho
9	23BP5-Z	SUBSTITUÍDO AP5 PLUG	1	107	99,07	
10	24DBE-Z	REPLACE JFS MANIFOLD FILTER	1	108	100	

Tabela 22 - Aplicação do método *Glenday Sieve* na SMM.

O código de cores representado na quinta coluna da tabela 22 determina o tipo de procedimento a ter para cada uma das avarias, pelo que, segundo o método GS a avaria identificada pelo CUT 24DA0-Z representa a maior parte da actividade realizada nesta secção logo, o material necessário para este tipo de avaria não pode faltar, por outro lado a avaria com o CUT 24DBE-Z provavelmente não necessita de material disponível no *kanban*.

Na tabela 23 constam os valores da percentagem que as tarefas correspondentes às avarias representam no total de tarefas efectuadas durante o ano de 2010.

% acumulada de tarefas	% acumulada de tarefas mais próxima	Extensão do número de tarefas	% da tarefa	Código de cores
50%	37,96%	1	10%	
95%	94,44%	6	60%	
99%	99,07%	9	90%	
Restante 1%	0.93%	1	10%	

Tabela 23 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMM.

Da leitura da tabela 23 temos que 10% das tarefas realizadas na SMM correspondem a 50% da actividade da secção, sendo apenas uma a tarefa responsável por este resultado. Será necessário então ter em atenção as caixas e material necessários para a resolução deste tipo de avaria de modo a garantir o constante reabastecimento deste item. Apenas um tipo de avaria representa os restantes 10% que fazem parte de 1% da actividade da secção, não sendo em princípio necessário no *kanban*, podendo ficar armazenado na EABST. O material necessário para as restantes tarefas que completam 60% do trabalho total devem ser mantidos no *kanban* até se verificar, com o avançar do tempo, se passam para o Fluxo Verde ou se são retirados do *kanban*. As tarefas marcadas a azul, a avaliar pelo método não justificam ter o material disponível no *kanban*.

Este método tem aplicabilidade em diversas áreas sendo a manutenção uma delas, no entanto podem existir casos que não podem ser avaliados desta forma, tornando-se casos particulares como acontece mais à frente.

Na formação do *kanban* da SMM sugere-se uma composição formada pelas seguintes caixas: 1, 2, 3, 4, 6, 23, 29, 31, 33, 34, 38, 39, 76, 90 e o packing indicado para resolução da avaria com o CUT 23PB0-Z. O nível que cada caixa contém poderá ser ajustado ao longo do tempo, de qualquer modo os níveis actuais correspondem, segundo os técnicos, às reais necessidades para efectuar as reparações.

2 - Glenday Sieve na Secção de Manutenção de Pneudráulicos.

Para a secção de pneumáticos são feitos os mesmos passos que no ponto anterior, começando pela aplicação do método GS representado na tabela 24.


CUT	Avarias	Nº tarefas	valor acumulado	% do valor acumulado	
1	13DAA-A	INSTALAR PNEU NA JANTE ESQ	144	24,48	
2	13DAA-B	INSTALAR PNEU NA JANTE DTA	121	45,06	
3	13DBA-Z	INSTALAR PNEU NA JANTE NARIZ	72	57,31	
4	13CAA-Z	Nose Landing Gear Steering Collar Lower Nut for Proper Torque	39	63,94	
5	45AAO-Z	FUGA HIDRAULICA JUNTO AO FILTRO DE PRESSÃO DO SISTEMA A/FUGA HIDRAULICA NO POÇO DO TREM PRINCIPAL DIREITO	24	68,02	
6	13000-Z	FUGA HIDRAULICA NA ZONA DA SWIVEL /INSP HYDRAULICS LEAKS	17	70,91	
7	13EAH-A	SUBSTITUIDO O BLOCO DE TRAVÕES ESQ	17	73,80	
8	14DFG-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 3 TO STA 4	17	76,70	
9	14DFG-B	INSTALAR TORQUE SHAFT RH STA 3 TO STA 4	16	79,42	
10	14DFB-Z	INSTALAR/REMOVED TORQUE SHAFT LH PDU TO AGB	14	81,80	
11	14DFF-B	INSTALAR TORQUE SHAFT, STA 2 TO STA 3 RH	14	84,18	
12	45ABO-Z	Remove and Replace Hydraulic Filter Element, JFS/Brake Return,	13	86,39	
13	13CAG-Z	CUMPRIR TCTO PTAFA 452-80-6501 E AVERBAMENTO DE INSP. 6 ANOS AO DRAG BRACE, NLG	12	88,43	
14	14DFE-A	INSTALAR TORQUE SHAFT LH STA 1 TO STA 2	12	90,47	
15	14DFC-Z	INSTALAR/REMOVED TORQUE SHAFT PDU AO AGB RH	11	92,34	
16	45ANO-Z	INSTALAR BOMBA HIDRÁULICA SISTEMA "A"	11	94,21	
17	14DFE-B	INSTALAR TORQUE SHAFT RH STA 1 TO STA 2	10	95,91	
18	13BAH-Z	CUMPRIR PTAFA 45A6-32-6501 E INSP. DE 6 ANOS NO DRAG BRACE MLG	8	97,27	
19	13EAH-B	SUBSTITUIDO O BLOCO DE TRAVÕES DTO	8	98,63	
20	14DFD-A	INSTALAR/REMOVED TORQUE SHAFT AGB/STA1 LH	8	100	

Tabela 24 - Aplicação do método Glenday Sieve na SMP.

No caso desta secção foram consideradas as 20 principais avarias por existirem no *kanban* caixas com material para a resolução das mesmas. Na tabela 25 apresentam-se os resultados da aplicação do método.




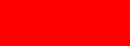
% acumulada de tarefas	% acumulada de tarefas mais próxima	Extensão do número de tarefas	% da tarefa	Código de cores
50%	45.31%	2	10%	
95%	94.21%	16	80%	
99%	98.63%	19	95%	
Restante 1%	1.37%	1	5%	

Tabela 25 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMP.

No caso da SMP são duas as avarias que representam 50% das actividades da secção, apenas uma faz parte dos restantes 1% enquanto as tarefas com código amarelo são 14. Neste caso a sugestão de caixas a manter no *kanban* são as seguintes: 1, 2, 5, 6, 18, 20, 22, 24, 38, 41, 47, 49, 55, 56, 134, 222, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238 240, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250 252, 253, 258, 260, 261, 265, 267, 269, 270, 274, 275. Mais uma vez o material que faz parte das caixas terá que ser actualizado conforme o decorrer das actividades, mas ao que o autor conseguiu apurar, os níveis estão reduzidos ao mínimo indispensável.

3 - Glenday Sieve na Secção de Manutenção de Combustível.

Por último é aplicado o método à SMC apresentado na tabela 26.

CUT	Avarias	Nº tarefas	valor acumulado	% do valor acumulado
1	46000-Z FUGA DE COMB. PELO STRAINER/FUGA DE COMB.PELO RECEPTACULO DE REFUELING/FUGA DE COMB.PELA VENT PORT	337	337	58,81
2	46FB1-Z INSTALAR E REMOVER AFT PIVOT BOLT	97	434	75,74
3	46A00-Z CROSSFEED VALVE CHECKOUT /EFECTUAR MAIN FUEL SHUTOFF VALVE/Remove and Replace Jet Fuel Starter Fuel Inlet Filter	46	480	83,76
4	24A00-Z INSP EPU NITROGEN VALVE/EFECTUAR PURGA E DESCONTAMINAÇÃO DO EPU POR ACTIVAÇÃO	19	499	87,08
5	24BD0-Z REMOVER GN2 VALVE POR CONTAMINAÇÃO DE HIDRAZINA	18	517	90,22
6	24AA0-Z REMOVER/INSTALAR EPU	9	526	91,79
7	46AFC-Z INSTALAR FFP	9	535	93,36
8	46FB2-Z INSTALAR AFT PIVOT BOLT NO EXT. FUEL TANK	7	542	94,58
9	46EC0-Z REMOVER O FUEL FLOW TRANSMITER	5	547	95,46
10	46AQA-Z REMOVE AND REPLACE JET FUEL STARTER FUEL INLET FILTER	4	551	96,16
11	46FF0-A PREPARAR FUEL TANK DE 600GLS PARA VOO	4	555	96,85
12	46BV0-B REMOVER SHUTTLE ESQ.	3	558	97,38
13	46FAC-Z LEFT DROP TANK WITH VERY SLOW FEEDING	3	561	97,90
14	46AA0-A instalar transfer shutoff valve	2	563	98,25
15	46AHO-Z INSTALAR CROSSFEED VALVE	2	565	98,60
16	46BV0-A REMOVER SHUTTLE DIR.	2	567	98,95
17	46CA0-Z REMOVIDA A VÁLVULA DE PRES. DOS TANKS EXTERNOS	2	569	99,30
18	46DB0-Z INSTALAR F1 TANK.	2	571	99,65
19	46AK0-Z REMOVER FLOW DIVIDER VALVE	1	572	99,82
20	46BRB-Z FALHA NO ENGATE DO AAR	1	573	100

Tabela 26 - Aplicação do método Glenday Sieve na SMC.

Após realização dos cálculos patentes na tabela 26, é notória a grande fatia que a primeira avaria representa no total acumulado, cerca de 60%. Neste caso é óbvia a necessidade de garantir o material disponível no *kanban* para esta avaria, mas não foi possível defini-la conforme explicado na secção 2, logo foi opção do autor refazer os cálculos mas

desta vez eliminando a primeira avaria e realizar os cálculos para as avarias seguintes. A diferença entre as repetições das avarias nesta secção é muito elevada o que poderemos concluir pela tabela 26.1.

CUT	Avarias	Nº trabalhos	valor acumulado	% do valor acumulado		
1	46FB1-Z	INSTALAR E REMOVER AFT PIVOT BOLT	97	97	41,10	Green
2	46A00-Z	CROSSFEED VALVE CHECKOUT / EFECTUAR MAIN FUEL SHUTOFF VALVE/Remove and Replace Jet Fuel Starter Fuel Inlet Filter	46	143	60,59	Yellow
3	24A00-Z	INSP EPU NITROGEN VALVE/EFECTUAR PURGA E DESCONTAMINAÇÃO DO EPU POR ACTIVACÃO	19	162	68,64	
4	24BD0-Z	REMOVER GN2 VALVE POR CONTAMINAÇÃO DE HIDRAZINA	18	180	76,27	
5	24AA0-Z	REMOVER/INSTALAR EPU	9	189	80,08	
6	46AFC-Z	INSTALAR FFP	9	198	83,89	
7	46FB2-Z	INSTALAR AFT PIVOT BOLT NO EXT. FUEL TANK	7	205	86,86	
8	46EC0-Z	REMOVER O FUEL FLOW TRANSMITER	5	210	88,98	
9	46AQA-Z	REMOVE AND REPLACE JET FUEL STARTER FUEL INLET FILTER	4	214	90,67	
10	46FF0-A	PREPARAR FUEL TANK DE 600GLS PARA VOO	4	218	92,37	
11	46BV0-B	REMOVER SHUTTLE ESQ.	3	221	93,64	
12	46FAC-Z	LEFT DROP TANK WITH VERY SLOW FEEDING	3	224	94,91	
13	46AA0-A	instalar transfer shutoff valve	2	226	95,76	
14	46AH0-Z	INSTALAR CROSSFEED VALVE	2	228	96,61	
15	46BV0-A	REMOVER SHUTTLE DIR.	2	230	97,45	
16	46CA0-Z	REMOVIDA A VÁLVULA DE PRES. DOS TANKS EXTERNOS	2	232	98,30	
17	46DB0-Z	INSTALAR F1 TANK.	2	234	99,15	Red
18	46AK0-Z	REMOVER FLOW DIVIDER VALVE	1	235	99,57	
19	46BRB-Z	FALHA NO ENGATE DO AAR	1	236	100	

Tabela 26.1 - Nova aplicação do método Glenday Sieve na SMC.

Na tabela 27 apresenta-se o resultado obtido depois de efectuar os cálculos do método GS aplicado à SMC.

% acumulada de tarefas	% acumulada de tarefas mais próxima	Extensão do número de tarefas	% da tarefa	Código de cores
50%	41.10%	1	5%	Green
95%	94.91%	12	63%	Yellow
99%	98.30%	16	84%	Blue
Restante 1%	1.7%	4	16%	Red

Tabela 27 - Apresentação dos resultados do método Glenday Sieve na SMP.

Pela análise da tabela 27 é possível verificar que, mais uma vez, apenas um tipo de avaria corresponde a 50% da actividade da secção, devendo a atenção ser centrada na disponibilidade do material para a resolução desta avaria. As 12 avarias identificadas pelo

código amarelo representam 63% das tarefas executadas nesta secção pelo que se sugere, de modo a garantir uma eficaz manutenção, as seguintes caixas no *kanban*: 21, 174, 186, 194, 203, 204, 209, 214, 216, 218, 225, 226, 234, 243, 244, 245, 246, 249, 251, 252, 255, 256, 259, 275, 277, 278, 279, 280, 294, 296, 297, 301, 304, 306. A composição ideal deste *kanban* não pode ser definida muito claramente já que as avarias que ocorreram 337 vezes não permitem uma previsão correcta das necessidades, portanto a sugestão de caixas a manter no *kanban* da SMC é apenas no caso de existirem só as avarias representadas na tabela 26.1, o que não corresponde totalmente ao caso real.

Da análise efectuada pelo método de *Glenday Sieve* é possível concluir que existe, em todas as secções, a necessidade de reduzir o número de caixas como demonstrado. No entanto há que ter em conta a especificidade e variabilidade inerente à manutenção da aeronave pois, enquanto as avarias com maior ocorrência existentes em todas as secções são mais previsíveis, por outro lado há sempre a possibilidade de existir uma avaria nova em qualquer secção e até mesmo ocorrer várias vezes no mesmo ano em várias aeronaves, pelo que se deverá garantir a rápida e eficiente comunicação entre as secções e EABST para a entrega atempada do material necessário para a nova avaria.

Após esta análise serão apresentados nos últimos capítulos as conclusões e considerações gerais e se os objectivos a que o autor se propunha foram alcançados.

Capítulo 4 - Conclusões

O sistema de armas F-16 da FAP exige um nível de rigor e eficiência muito elevado relativamente à sua manutenção, garantindo assim a constante operacionalidade da aeronave e permitindo executar, com maior segurança, as missões programadas.

Esta dissertação teve como objectivo principal o estudo da cadeia logística do F-16, nomeadamente os sistemas mecânicos, pneumáticos e motor, através da identificação das principais avarias existentes em cada secção, averiguando depois o número de caixas e material presente nos *kanbans* de modo a conseguir otimizar o processo de reabastecimento de material entre as diversas áreas.

Ao nível das Esquadras que fazem parte do estudo (EABST e EMANUT) foi possível constatar a forte determinação dos militares na adequação dos locais de trabalho às novas metodologias e regras, sendo fulcral a envolvimento dos técnicos nas modificações *Lean* pois, melhor que ninguém, conhecem as dificuldades e particularidades das suas áreas, valendo muito a sua opinião para uma melhor estruturação dos processos. Um ponto que em muito contribuiu para uma melhor compreensão das ferramentas *Lean* foi a possibilidade do autor poder participar nos eventos *kaizen* (RIE) realizados na BA5 sendo várias vezes solicitada a sua opinião nas matérias em análise e até mesmo a possibilidade de participar activamente na concepção dos *kanbans* e nas várias reuniões de trabalho.

Posto isto, relativamente à temática do trabalho em concreto é possível retirar duas conclusões principais, a efectiva modificação das metodologias de trabalho nas secções analisadas enquanto e a dificuldade em avaliar as quantidades de material necessário na manutenção do F-16.

Depois da implementação das modificações *Lean* mais globais é possível verificar a redução de etapas que o mecânico e abastecimento realizam para que o material chegue à aeronave, reduzindo um total de 49 etapas para apenas 5 para o mecânico e 11 etapas para a EABST no processo de reabastecimento dos *kanbans* (ver anexos 1, 2 e 3). Com a integração do sistema JIT, através dos *kanbans*, e as várias ferramentas *Lean* como o MCV, os RIE (eventos *kaizen*), fluxo unitário, trabalho padrão, organização do local de trabalho, princípio “*pull*”, gestão visual e empenho dos técnicos foi possível combater vários tipos de desperdício nas linhas de manutenção do F-16, contribuindo assim para uma melhor organização e por conseguinte à redução de alguns custos associados.

A definição do material necessário em cada uma das secções estudadas foi uma tarefa bastante complexa e com resultados limitados, dificultado pelo facto de existir pouca integração do SIAGFA e alguma inexactidão no preenchimento dos campos deste sistema, os relatórios de 2009 não possuem o mesmo nível de qualidade que os de 2010 não permitindo assim um cruzamento correcto de dados, entre outros.

De um modo geral, para esta primeira fase da implementação *Lean*, é possível afirmar que os *kanbans* respondem eficazmente às necessidades dos mecânicos pois apenas se adaptou o inventário utilizado anteriormente ao sistema *kanban*. O caso mais complexo encontrado pelo autor é na secção de manutenção dos sistemas de combustível sendo apenas um tipo de avaria, muito abrangente, responsável pela maior parte da actividade desta secção, não sendo mesmo possível definir que material seria imprescindível para a reparação desta avaria, no entanto é possível reduzir o número de caixas nesta secção através da análise dos consumos e por iniciativa dos próprios técnicos, facto verificado pelo autor durante a sua permanência na BA5. Na secção de manutenção de motores foi possível verificar uma grande redução na lista das 20 principais avarias que levou a um menor número de CUT's que realmente correspondem a avarias, reduzindo assim o número de caixas que devem existir no respectivo *kanban*. Já na secção de manutenção de pneumáticos verificaram-se algumas incongruências relativamente à relação entre as avarias e as respectivas caixas sendo também visível que a actividade principal desta secção diz respeito a três CUT's específicos para os quais deve ser garantido o material necessário.

Resumidamente tem-se que, salvo algumas excepções, a maioria das caixas dos *kanbans* são utilizadas na resolução das respectivas avarias, o que significa que o número de caixas existente se adequa às necessidades principais, assim como o nível de material existente em cada uma. A solução para os pequenos desvios detectados passa pelo próprio conceito *Lean* pois a melhoria contínua é uma das principais bandeiras desta filosofia, e tendo sido efectuadas as modificações de maior envergadura, será agora necessário detectar situações anómalas e efectuar ajustes no processo, neste caso através da eliminação/acrescento de caixas e verificação dos níveis de material nas caixas. À que ter em conta também o efeito que as características deste tipo de instituição têm na qualidade e métodos de manutenção na BA5 como por exemplo, a existência de apenas duas esquadras para um leque muito variado de missões que obriga a mudanças rápidas e constantes de configuração afectando a manutenção, a redução temporária de técnicos na base devido a exercícios militares que decorrem durante o ano, a ocorrência de avarias graves que necessitem de trabalho fora das horas de trabalho entre outras.

Através de dados mais recentes recolhidos já em 2011 é possível constatar o sucesso das modificações apresentadas nesta dissertação pois foram estabelecidos dez *kanbans* em seis áreas, entre as quais a de motores, de pneumáticos e combustível, com aproximadamente 956 caixas que corresponde a sensivelmente 80% da procura, o *stock* de bancada foi eliminado, uma parte significativa de inventário regressou ao armazém, a rota de entrega de material nos *kanbans* foi optimizada, foram adquiridas caixas específicas para *kanbans* tornando-os mais funcionais e o processo de auditoria dos *kanbans* está em pleno funcionamento, levando a uma redução significativa de custos associados (ver anexo 4). [45]

De um modo geral os objectivos a que o autor se propôs foram alcançados, conseguindo determinar e limitar o número de avarias mais frequentes em cada secção e obter uma aproximação real de quais caixas e quanto material nelas contido são necessários

para uma resposta rápida e eficaz nas acções de manutenção. O processo de optimização não finaliza aqui, pois não se pode considerar este trabalho como definitivo já que a mudança a que está sujeita a cadeia de abastecimento do F-16 é constante. É ainda importante referir que nos tempos que correm, agravado pelo panorama económico menos favorável, a adopção da filosofia *Lean* em qualquer entidade faz cada vez mais sentido.

Secção 1 - Recomendações e trabalho futuro

No decorrer do estudo efectuado o autor constatou, em colaboração com os militares envolvidos, alguns factos que são passíveis de surtir efeitos positivos na melhoria da cadeia de abastecimento do F-16. Um primeiro passo importante será tentar adequar e aproveitar melhor as funcionalidades do SIAGFA, estendendo a sua utilização a todas as áreas da manutenção e garantir o preenchimento dos campos o mais correcto quanto possível, permitindo deste modo o cruzamento de dados que irá permitir uma análise de consumos e avarias mais eficaz. Recomenda-se também a utilização do sistema de código de barras em todas as secções que utilizam *kanbans*, à semelhança do que já acontece no processo de reabastecimento (ver anexo 3), pois torna mais rápido e simples o trabalho do militar da EABST que efectua o reabastecimento e também permite um maior controlo e contabilização dos consumos de material.

É importante conhecer as principais avarias que possam ocorrer e estabelecer concretamente o material essencial para utilizar na reparação das mesmas, sendo a análise anual destes dois indicadores de extrema importância para conseguir efectuar correcções tanto ao nível de identificação de novas avarias como de níveis de material disponível nos *kanbans*. O número de avarias não é significativo pois a rapidez, qualidade e eficácia com que se resolve as mesmas é que é realmente importante.

O trabalho futuro nesta área de estudo passa por continuar a avaliar os indicadores de manutenção de modo a conhecer cada vez melhor o funcionamento da cadeia logística do F-16, contribuindo assim atempadamente e com segurança para a melhoria contínua da mesma e, através da integração de todas as metodologias e técnicas apresentadas, estender a gestão *Lean* a todas as entidades que fazem parte desta cadeia.

Bibliografia

- [1] J. Womack, D. Roos, D. Jones, “The Machine that Changed the World”, Free Press, New York, 1990.
- [2] J. P. Pinto, “Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras”, Lidel - edições técnicas, Lda., Novembro 2009.
- [3] J. Natalie, B. Williams, “Lean for Dummies”, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, 2007.
- [4] N. Laksham, *industry 2.0 - technology management for decision-makers*, Outubro 2008.
- [5] J. Womack, D. Jones, “Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation”, Free Press Simon & Schuster, Inc., New York, 1996.
- [6] J. Liker, “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer”, McGraw-Hill, 2004.
- [7] J. Leite, P. Salvada, E. Henriques, Artigo “Lean Manufacturing e Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação do F16-MLU”.
- [8] P. Salvada, “Metodologia A3: PDCA - Plan, Do, Check, Adjust”, artigo, Comunidade Lean Thinking, <http://www.leanthinkingcommunity.org>, Setembro 2008.
- [9] J. Carvalho, “Reengenharia de Processos na Indústria Farmacêutica”, Dissertação de Mestrado, U. Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [10] J. Pinto, “Glossário de Termos e Acrónimos Lean Thinking”, Comunidade Lean Thinking, 2008.
- [11] L. Quarterman, “All about kaizen”, Strategos, Inc., Kansas City, 2004.
- [12] Simpler Business System, “AB5 Monte Real - Visioning”, Apresentação Power Point, 2010.
- [13] J. Gouveia, “Lean Management aplicada à Regeneração de Potencial do módulo *Augmentor* do Motor F100-PW-220E”, Dissertação de Mestrado, Janeiro 2010.
- [14] T. Goldsby, R Martichenko, “Lean Six Sigma Logistics - Strategic Development to Operational Success”, J. Ross Publishing, Inc, 2005.
- [15] R. Jugulum, P. Samuel, “Design for Lean Six Sigma - A Holistic Approach to Design and Innovation”, John Wiley & Sons, Inc., USA, 2008.
- [16] Simpler, “SBS 11.0 Tool - Pull Systems”, Apresentação, Simpler Consulting, L.P., 2011.
- [17] L. Lourenço, “Gestão da Produção - Kanban”, 2008. Acedido em Fevereiro 2011: <http://www.dge.ubi.pt/lourenco/gprod/textos/materiais%20JIT/Kanban.pdf>.
- [18] S. Zigiariis, “Supply chain Management”, InnoRegio Project BPR HELLAS, SA, Janeiro, 2000.
- [19] J. Pereira, “Logística versus Cadeia de Abastecimento - Açúcar ou Recheio?”, Artigo, Processo Consultoria Integrada, Lda., Carnaxide, 2004.
- [20] B. Moura, “Logística: Conceitos e Tendências”, Centro Atlântico, Lisboa, Fevereiro 2006.

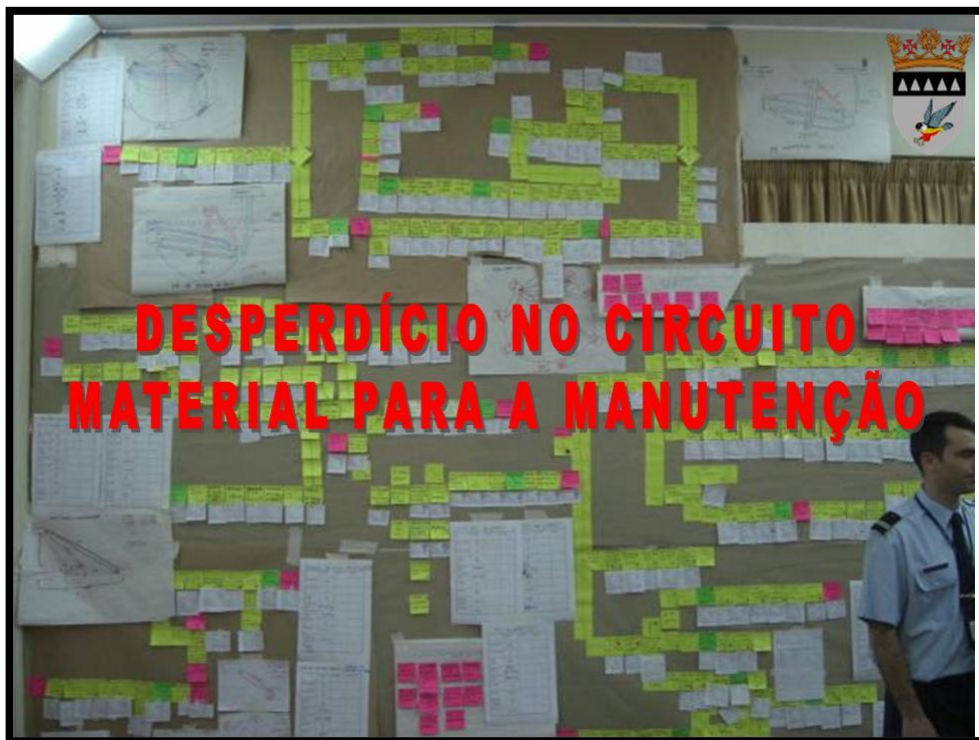
- [21] P. Fleury, "Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios da Implementação.", ILOS - Instituto de Logística e Supply Chain, Fevereiro 1999. Acedido em Fevereiro 2011: www.ilos.com.br.
- [22] J. Ferreira, "Distribuição e Logística - Introdução", Apresentação, Portugal, 2007.
- [23] D. Brunt, J. Kiff, "Creating Lean Dealers - The Lean route to satisfied customers, productive employees and profitable retailers", Lean Enterprise Academy Ltd. with ICDP Ltd., Herefordshire, Outubro 2007.
- [24] I. Glenday, "Breaking Through to Flow - banish fire fighting and increase customer service", Lean Enterprise Academy Ltd., Herefordshire, Dezembro 2005.
- [25] NHS Scotland, "The Glenday Sieve", Apresentação, Agosto 2007.
- [26] A. Booth, "Going Green in the value stream - Glenday Sieve", Apresentação Africa Lean Summit 2009.
- [27] Lockheed Martin F-16 MLU - FAP. Acedido em Maio de 2011:
<http://www.esq301jaguares.net/jaguares/mlu.htm>
- [28] Lockheed Martin F-16. Acedido em Maio de 2011:
<http://www.lockheedmartin.com/products/f16/index.html>.
- [29] J. Aires, "F-16 Segunda Esquadra de Voo na Força Aérea Portuguesa", Revista Mais Alto nº317, Força Aérea Portuguesa, Fevereiro - Março 1999.
- [30] L. Alenquer, "O Programa de Modernização e Reequipamento das Esquadras F-16 MLU", Revista Mais Alto nº336, Força Aérea Portuguesa, Março - Abril 2002.
- [31] P. Mata, "F-16 10 Anos nos Céus de Portugal", Revista Mais Alto nº350, Força Aérea Portuguesa, Julho - Agosto 2004.
- [32] P. Salvada, "F-16/MLU A Complexidade do Programa", Revista Mais Alto nº343, Força Aérea Portuguesa, Maio - Junho 2003.
- [33] AB5 LEAN TEAM, Apresentação "F16 Supply Chain Improvement Programme - RAPID IMPROVEMENT EVENTS PREP", Base Aérea nº 5 - Monte Real, Junho de 2010.
- [34] AB5 LEAN TEAM, Apresentação "F16 Supply Chain Improvement Programme - RAPID IMPROVEMENT EVENTS HOW GOES IT", Base Aérea nº 5 - Monte Real, Agosto de 2010.
- [35] K. Carlson, Lt. Col., "Lean initiatives in the Portuguese air force", http://www.af.mil/news/story_print.asp?id=123126439, Dezembro 2008.
- [36] Apontamentos pessoais e fotos resultantes do acompanhamento do RIE efectuado em Novembro de 2010, na BA5.
- [37] Lockheed Martin F-16 MLU - FAP. Acedidos em Abril de 2011:
<http://www.emfa.pt/www/esquadrasdetalhe.php?lang=pt&cod=e201>
<http://www.emfa.pt/www/esquadrasdetalhe.php?lang=pt&cod=e301>
- [38] Relatório Anual de Manutenção de Aeronaves (RAMA) 2010.
- [39] AB5 LEAN TEAM, Apresentação "F16 Supply Chain Improvement Programme - RAPID IMPROVEMENT EVENTS HOW GOES IT II", Base Aérea nº 5 - Monte Real, Outubro de 2010.
- [40] AB5 LEAN TEAM, Apresentação "POAF Event Results", Base Aérea nº 5 - Monte Real, 2010.

- [41] AB5 LEAN TEAM, Apresentação “WASTE - CIRCUITO MATERIAL BA5”, Base Aérea nº 5 - Monte Real, Maio de 2010.
- [42] H. Hirano, “JIT Implementation Manual - The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2009.
- [43] T. Cheng, S. Podolsky, P. Jarvis, “Just-in-time manufacturing: an introduction”, Chapman & Hall, London, 1996.
- [44] K. Lai, T. Cheng, “Just-in-Time Logistics”, Gower Publishing Limited, USA, 2009.
- [45] TCOR Eng.º Aeronáutico Pedro Salvada, Apresentação “LEAN SUPPLY CHAIN - MELHORIA NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DO F-16”, FAP, Setembro de 2011.
- [46] <http://www.defenseindustrydaily.com/?s=Portugal+F-16>, acedido em Fevereiro de 2011.
- [47] <http://forumdefesa.com/fórum/viewtopic.php?f=27&t=5206&start=195>, acedido em Fevereiro de 2011.
- [48] AB5 LEAN TEAM, Apresentação “F16 Supply Chain Programme”, Base Aérea nº5 - Monte Real, Maio de 2010.
- [49] http://www.gembapantarei.com/2009/07/one_point_lesson_kamishibai.html. Acedido em Abril de 2011.

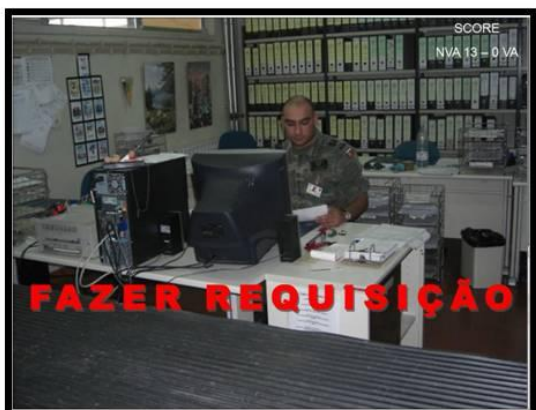
Anexos

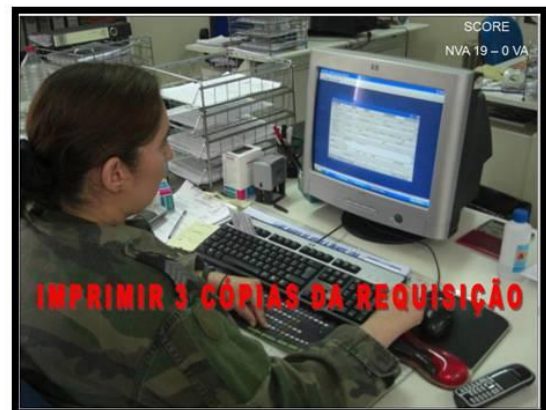
Anexo 1

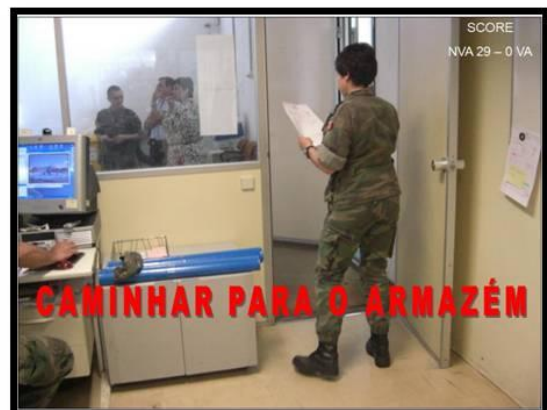
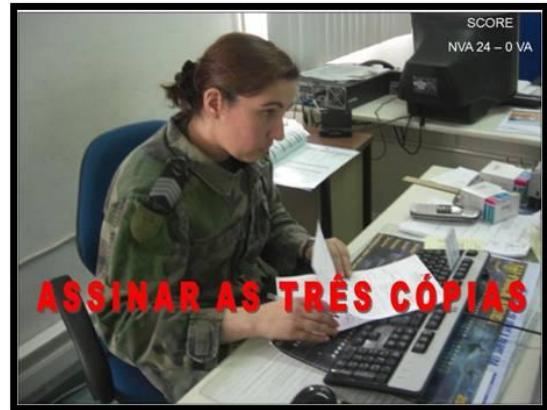
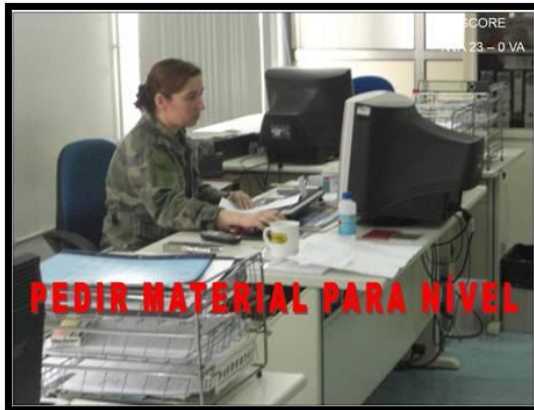
Esta foto - montagem foi elaborada pela Equipa *Lean* da BA5 e representa todos os passos desde que o mecânico necessita de um item até o obter e colocá-lo na aeronave, figurando ainda as acções que adicionam valor e as que não adicionam valor ao processo.



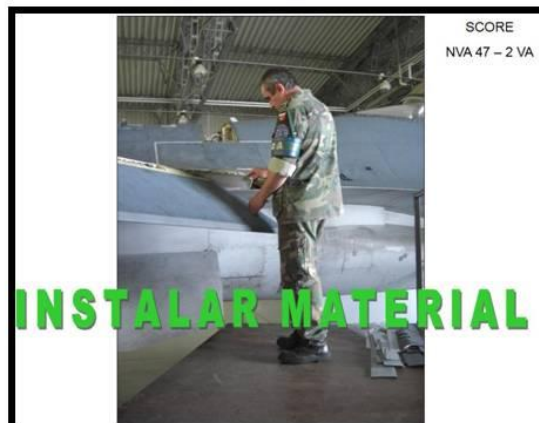






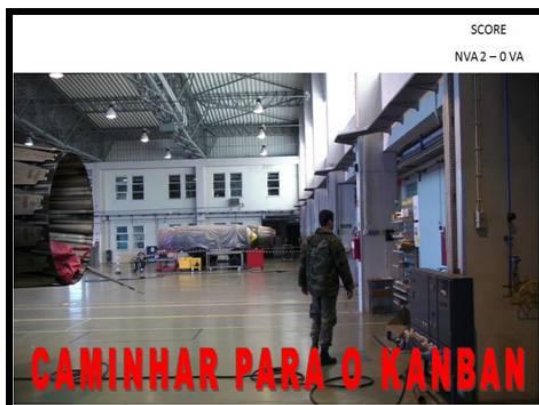






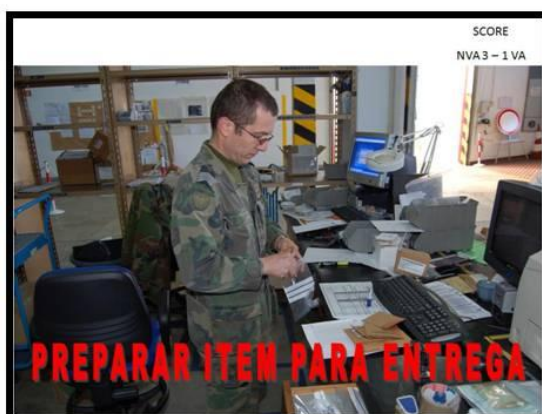
Anexo 2 - Circuito do material para a manutenção (mecânico).

Esta foto - montagem foi elaborada pelo autor na BA5 durante o decorrer do trabalho dos técnicos, após a implementação dos *kanbans*. Estão representados os passos desde que o mecânico necessita de um item até o obter e colocá-lo na aeronave, através da utilização do novo sistema *Lean*.



Anexo 3 - Circuito do material para a manutenção (abastecimento).

Esta foto - montagem foi elaborada pelo autor na BA5 durante o decorrer do trabalho dos técnicos após a implementação dos *kanbans*. Estão representados os passos dados na Esquadra de Abastecimento para a reposição dos itens em falta nos *kanbans* de acordo com as metodologias *Lean*.





Anexo 4 - Dados dos *Kanbans* relativos a 2011.

Estes dados foram retirados da apresentação “LEAN SUPPLY CHAIN - MELHORIA NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DO F-16” elaborada por TCOR Eng.º Aeronáutico Pedro Salvada da FAP em Setembro de 2011. As figuras 16 e 17 são fotografias capturadas no hangar de manutenção da BA5 relativas aos novos *kanbans* instalados nas oficinas já em 2011.

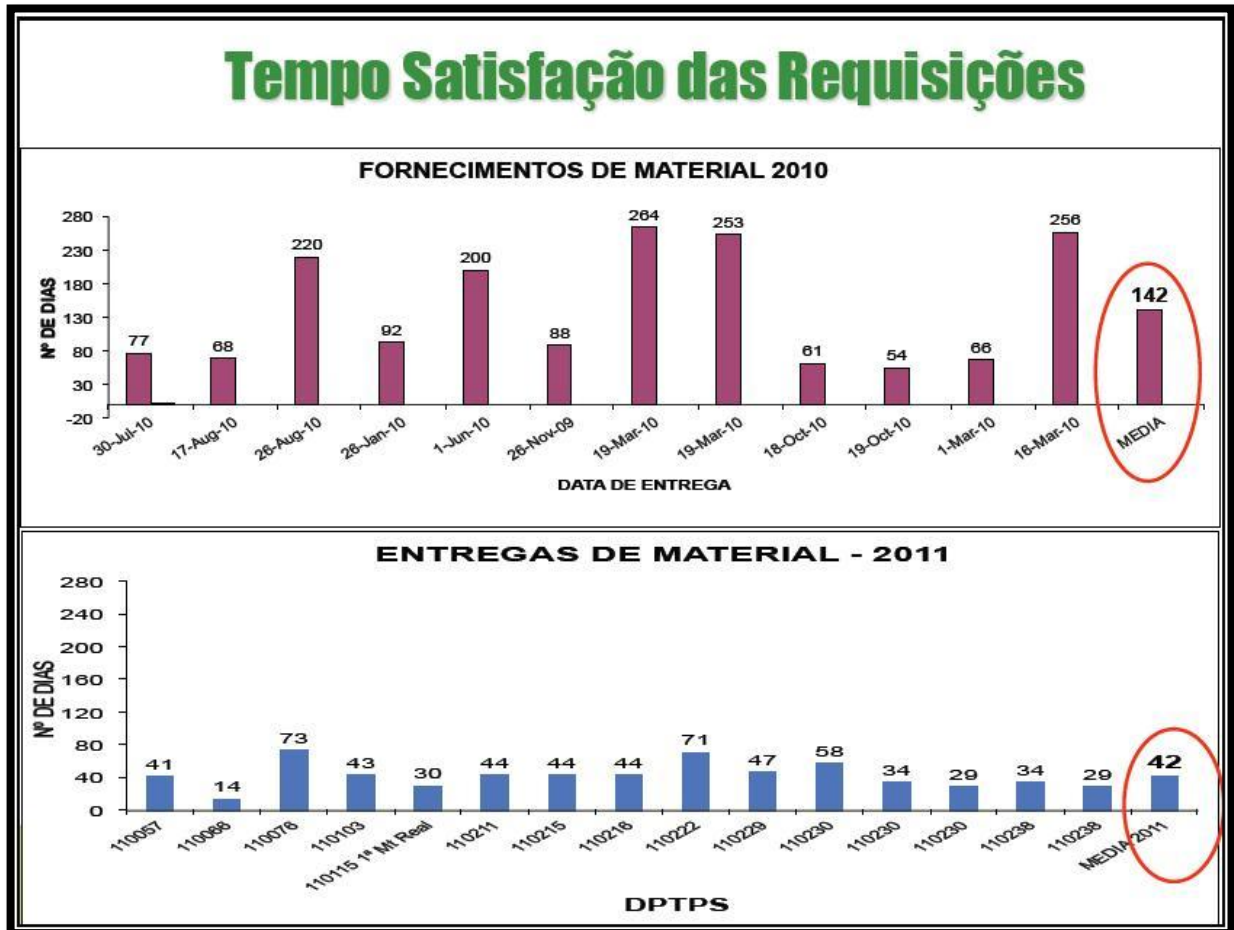


Gráfico 13 - Comparação do tempo de satisfação das requisições entre 2010 e 2011.

Fonte: TCOR Eng.º Aeronáutico Pedro Salvada LEAN SUPPLY CHAIN - MELHORIA NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DO F-16”.

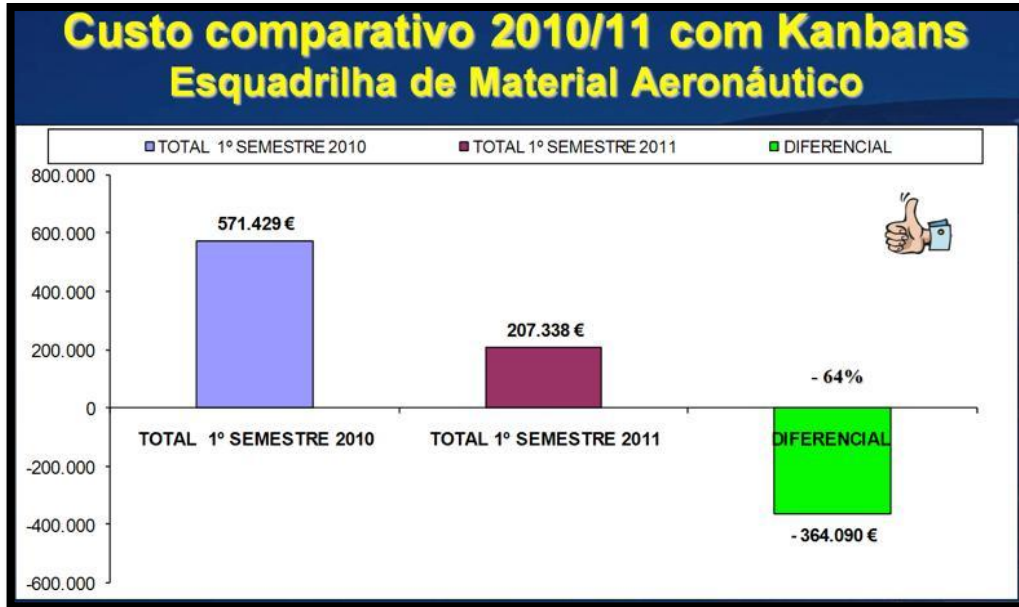


Gráfico 14 - Custo comparativo com *kanbans* entre 2010 e 2011.

Fonte: TCOR Eng.º Aeronáutico Pedro Salvada LEAN SUPPLY CHAIN - MELHORIA NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DO F-16”.

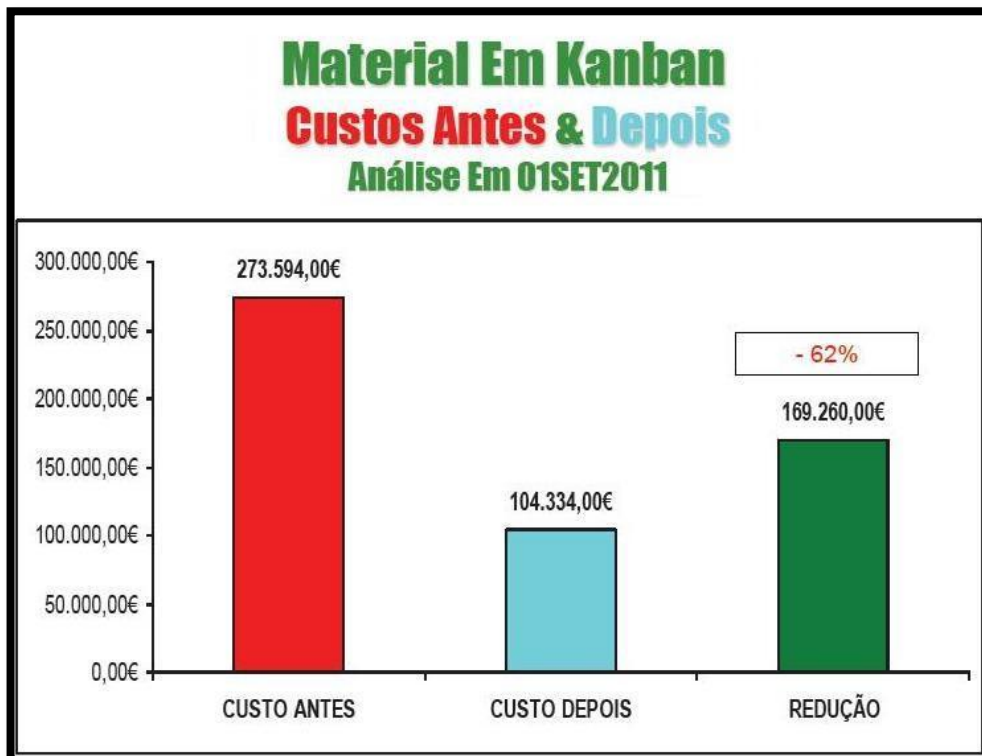


Gráfico 14 - Custos do material antes e depois dos *kanbans*.

Fonte: TCOR Eng.º Aeronáutico Pedro Salvada LEAN SUPPLY CHAIN - MELHORIA NA CADEIA DE ABASTECIMENTO DO F-16”.



Figura 16 - Novo modelo de *kanban* em funcionamento, implementado em 2011.

Fonte: Foto obtida na BA5.



Figura 17 - Pormenor do novo modelo de *kanban*.

Fonte: Foto obtida na BA5.