

ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade. Estudo de Caso.

Sérgio Manuel Gaião Jesus
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção

Orientador:

Professor Doutor João Carlos Quaresma Dias

Júri:

Presidente: Professor Doutor Jorge Mendonça e Costa

Vogais:

Professora Doutora Isabel Maria da Silva João
Professor Doutor António João Feliciano Abreu
Professora Doutora Maria Cristina L. Vilhena Mendonça
Professor Doutor João Carlos Quaresma Dias

Novembro de 2012



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade. Estudo de Caso.

Sérgio Manuel Gaião Jesus
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção

Orientador:

Professor Doutor João Carlos Quaresma Dias

Júri:

Presidente: Professor Doutor Jorge Mendonça e Costa

Vogais:

Professora Doutora Isabel Maria da Silva João
Professor Doutor António João Feliciano Abreu
Professora Doutora Maria Cristina L. Vilhena Mendonça
Professor Doutor João Carlos Quaresma Dias

Novembro de 2012

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo apresentar a filosofia *lean*, qual a sua origem e evolução, bem como, os princípios em que se baseia. Na revisão bibliográfica efectuada, são identificadas e caracterizadas as mais importantes ferramentas desta filosofia, nomeadamente o *kaizen*, VSM, 5“S”, TPM, controlo visual e *takt time* numa linha móvel, evidenciando para cada uma, qual a sua mais valia no processo de melhoria.

A metodologia utilizada neste trabalho é o estudo de caso, visto ser a mais adequada para a questão relevante de investigação identificada.

A empresa onde é efectuado o estudo de caso opera no mercado de manutenção aeronáutica, sendo a investigação centrada no processo de reparação de motores aeronáuticos. Com maior detalhe apresentam-se as actividades de manutenção após conclusão da avaliação do motor, sendo de destacar a implementação de fluxo, controlo visual, trabalho padrão e de uma linha de montagem a velocidade constante para efectuar as tarefas de montagem final. A utilização desta última ferramenta *lean*, a maioria das vezes associada a processos de fabricação, é inovadora, visto nenhuma outra empresa deste segmento de mercado usar esta abordagem num processo de manutenção de motores aeronáuticos.

Os resultados obtidos no estudo de caso confirmam a melhoria da eficiência global da empresa, bem como, a adequação desta filosofia de gestão à manutenção de motores aeronáuticos. Conseguiu-se evidenciar que a empresa, ao aplicar a metodologia *lean*, entrega aos seus clientes produtos com qualidade e na data acordada, mantendo a sua competitividade no mercado e incrementando a produtividade. O envolvimento, criatividade e comprometimento de todos os colaboradores da empresa na implementação destas ferramentas *lean* são factores críticos no sucesso deste processo de melhoria contínua.

Palavras chave: *lean*, linha móvel, controlo visual, TPM, melhoria contínua.

ABSTRACT

This paper aims to present the lean philosophy, its origin and evolution, as well as the principles on which it relies. In the literature review carried out, it is identified and characterized the most relevant tools of lean philosophy, including kaizen, VSM, flow, 5 "S", TPM, visual management, takt time and assembly moving line, showing for each one, the added value in the continuous improvement process.

Case study was developed in a company that operates in the MRO market; the research is focused on the repair of aircraft engines. It details maintenance actions performed after engine inspection, and the implementation of flow, visual control, standard work, and constant speed moving assembly line that perform the tasks of final assembly of repaired engines. The use of this lean tool, most often associated with manufacturing processes, is innovative, since no other companies in this segment of the market use this approach to assemble aircraft engines. The case study results confirm the improved overall efficiency of the company, as well as the appropriateness of this management philosophy to the maintenance of aircraft engines. We were able to show, by applying the lean approach, the company delivers quality products, maintaining its market competitiveness and increasing productivity. Involvement, creativity and commitment of all company employees in the implementation of lean tools are critical factors in the success of this continuous improvement process.

Keywords: lean, moving line, visual control, TPM, continuous improvement.

AGRADECIMENTOS

À Paula, pelo apoio incondicional, conselhos e paciência inesgotável.

Ao Prof. João Quaresma Dias, pela disponibilidade, profissionalismo, sugestões preciosas e desafio permanente em melhorar o trabalho realizado.

À minha família, pela formação que me deram e pelo apoio constante.

Aos colaboradores da empresa onde se realizou o estudo de caso, pela sua disponibilidade e apoio.

Aos meus amigos, por de uma forma ou de outra terem estado presentes quando foi necessário.

Nota: Trabalho escrito de acordo com antiga ortografia.

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificação e motivação	1
1.2 Questão relevante da investigação	2
1.3 Estrutura da dissertação	2
2 – REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Enquadramento histórico.....	3
2.2 <i>Toyota Production System</i>	5
2.3 Filosofia da produção <i>lean</i>	9
2.3.1 Filosofia da produção <i>lean</i> - Fontes de desperdício	11
2.4 Ferramentas e metodologia da produção <i>lean</i>	17
2.4.1 <i>Kaizen</i>	18
2.4.2 VSM	20
2.4.3 5 S	22
2.4.4 TPM	25
2.4.5 Trabalho padrão	28
2.4.6 Gestão visual	30
2.4.7 <i>Poka Yoke</i>	32
2.4.8 SMED	33
2.4.9 <i>Takt time</i>	36
2.5 <i>Leanness</i> - níveis de implementação e métricas	37
2.6 Produtividade e competitividade	39
3 – METODOLOGIA	43
3.1 Pesquisa científica	43
3.2 O estudo de caso como estratégia de investigação	44
3.2.1 Projectando estudos de caso	45
3.3 Adequação do método estudo de caso ao presente trabalho	47
4 – ESTUDO DE CASO	49
4.1 Introdução	49
4.2 Caracterização da empresa	50
4.3 Caracterização do sector de manutenção aeronáutica	52
4.4 Caracterização do motor a estudar	55
4.5 Descrição do processo manutenção do motor	58
4.6 Implementação da filosofia <i>lean</i> no processo produtivo	62
4.6.1 Descrição geral – organização do programa	62
4.6.2 Operacionalização do programa (fase Ta-T1)	65
4.6.3 Reparação - Implementação da filosofia <i>lean</i>	72
4.6.4 <i>Kitting</i> – Implementação da filosofia <i>lean</i>	81
4.6.5 Montagem de submódulos – Implementação de trabalho padrão	85
4.6.6 Montagem final - Implementação da filosofia <i>lean</i> (linha móvel)	89
4.7 Resultados	91
5 – CONCLUSÃO	95
RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	98
REFERÊNCIAS	99
ANEXOS	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução temporal da filosofia <i>lean</i> (fonte: Strategos, 2006)	5
Figura 2.2 - Organização funcional do TPS (Fonte: Pinto, 2009)	6
Figura 2.3 – Fontes de desperdício (fonte: empresa)	12
Figura 2.4 – Efeito do <i>kaizen</i> nas três componentes do trabalho (fonte: Chen & Shady, 2008)	19
Figura 2.5 – Implementação do <i>kaizen</i> – evolução temporal (fonte: empresa)	19
Figura 2.6 – utilização de ícones padronizados – ferramenta VSM (fonte: empresa)	21
Figura 2.7 – Oito pilares do TPM (fonte: Rodrigues & Hatakeyama, 2006)	26
Figura 2.8 – Distribuição da OEE nas empresas de classe mundial (fonte: empresa)	
Figura 2.9 – Pilares do trabalho padrão (fonte: empresa)	28
Figura 2.10 – Pilares do trabalho padrão (fonte: Reis et al, 2010)	34
Figura 2.11 – Redução de tempos com implementação de SMED (fonte: empresa).	35
Figura 2.12 – Modelo relacional dos factores que influenciam a competitividade empresarial (fonte: Pereira, 2005)	41
Figura 3.1 – Testes de validação dos estudos de caso (fonte: Yin, 1994)	47
Figura 4.1 - Volume de negócio mundial das companhias de transporte aéreo civil (fonte: IATA)	52
Figura 4.2 - Evolução do lucro das companhias de transporte aéreo civil (fonte: IATA)	52
Figura 4.3 - Valor de receitas gerado (e previsto) para as empresas de MRO (fonte: TeamSAI)	53
Figura 4.4 - Valor de receitas gerado empresas MRO, segmentado por área de negócio (fonte: TeamSAI)	53
Figura 4.5 - Valor de receitas gerado empresas MRO, sector militar (fonte: Aerostrategy)	54
Figura 4.6 - Principais serviços solicitados pelos clientes de manutenção de motores (fonte: TeamSAI)	54
Figura 4.7 – Motor RR AE3007, módulos (fonte: OEM - manual do fabricante) ..	57
Figura 4.8 – Motor RR AE3007, módulos continuação (fonte: OEM - manual do fabricante)	57
Figura 4.9 – Representação esquemática do processo de manutenção – motores aeronáuticos (fonte: empresa)	62
Figura 4.10 – Logo do programa corporativo E+ (fonte: empresa)	63
Figura 4.11 – Organização do programa corporativo E+ (fonte: empresa)	63
Figura 4.12 – Representação esquemática do processo de manutenção – motores aeronáuticos (fonte: empresa)	65
Figura 4.13 – Exemplo de utilização da ferramenta VSM (fonte: empresa)	66
Figura 4.14 – Definição do conceito SWP aquando da desmontagem dos motores (fonte: empresa)	67
Figura 4.15 – Exemplo de <i>kits</i> de ferramenta por posto de trabalho (fonte: empresa)	68
Figura 4.16 – Organização espacial dos carros master aquando da fase de inspecção (fonte: empresa)	68

Figura 4.17 – Organização espacial dos carros por prioridade e cestos de limpeza preenchidos na desmontagem e usados na limpeza (fonte: empresa)	69
Figura 4.18 – Utilização ferramenta VSM e concentração espacial de equipamentos de END (fonte: empresa)	69
Figura 4.19 – Representação esquemática da simultaneidade da fase de inspecção (fonte: empresa)	70
Figura 4.20 – Mobilidade da função inspecção ao longo da etapa de desmontagem (fonte: empresa)	70
Figura 4.21 – Análise da viabilidade financeira da implementação de medição a laser (fonte: empresa)	70
Figura 4.22 – Análise da implementação de fluxo na área da tridimensional e exemplo de standardização do processo de inspecção (fonte: empresa)	71
Figura 4.23 – Análise do fluxo documental e do processo (fonte: empresa)	71
Figura 4.24 – Definição de <i>route type</i> para recolha das cartas após conclusão das fases (fonte: empresa)	72
Figura 4.25 – Análise de carga capacidade – simultaneidade de actividades (fonte: empresa)	72
Figura 4.26 – Cálculo do OEE (fonte: empresa)	73
Figura 4.27 – TPM limpeza dos equipamentos (fonte: empresa)	75
Figura 4.28 – TPM limpeza dos equipamentos (fonte: empresa)	75
Figura 4.29 – TPM impresso para reportar anomalias (fonte: empresa)	75
Figura 4.30 – Simbologia TPM para controlo visual (fonte: empresa)	78
Figura 4.31 – Exemplos de aplicação da simbologia (fonte: empresa)	79
Figura 4.32 – Exemplos de indicadores visuais (fonte: empresa)	79
Figura 4.33 – Monitorização dos indicadores (fonte: empresa)	80
Figura 4.34 – Exemplo de carro <i>master</i> equipado com tecnologia RFID (fonte: Ramudhin et al, 2008)	81
Figura 4.35 – Análise dos percursos internos e dimensões mais adequadas de caixas de transporte (fonte: empresa)	82
Figura 4.36 – Organização espacial do armazém de peças novas (fonte: empresa).	82
Figura 4.37 – Carros <i>master</i> preenchidos com peças (fonte: empresa)	83
Figura 4.38 – Vista da área de <i>kitting</i> e zona de recepção de caixas vindas do armazém (fonte: empresa)	85
Figura 4.39 – Análise inicial das etapas necessárias para montar um motor (fonte: empresa)	86
Figura 4.40 – Análise do conceito da criação de sublinhas (fonte: empresa)	87
Figura 4.41 – Análise da organização espacial das sublinhas (fonte: empresa)	87
Figura 4.42 – Implementação das sublinhas (fonte: empresa)	88
Figura 4.43 – Dispositivo de transporte móvel de velocidade constante – projecto (fonte: empresa)	89
Figura 4.44 – Estudo dos tempos para implementação da linha móvel (fonte: empresa)	90
Figura 4.45 – Estudo dos tempos e distâncias para implementação da linha móvel – recolha dos módulos (fonte: empresa)	91
Figura 4.46 - Evolução do TAT motor AE 3007 ref ^a ano de 2011 (fonte: empresa)	93

Figura 4.47 – Evolução do TAT motor AE 2100 ref ^a ano de 2011 (fonte: empresa)	93
Figura 4.48 – Avaliação da qualidade do produto entregue ref ^a 1º trimestre de 2012 (fonte: empresa)	94
Figura 4.49 – Resultado do questionário interno ao clima organizacional (fonte: empresa)	94
Figura 5.1 – Conclusões do estudo de caso - Modelo conceptual	96
Figura 6.1 – Nova ferramenta para fixação de “ <i>trailing arm</i> ” com aperto rápido (fonte: empresa)	113
Figura 6.2 – Acréscimo da mesa de trabalho para permitir setups em simultaneo com a operação (fonte: empresa)	114
Figura 6.3 – Ferramenta para controlo da pressão exercida pelos rolos (soldadura por rolos) (fonte: empresa)	114
Figura 6.4 – Ferramenta para alinhar e guiar casquilho aquando da instalação do mesmo (fonte: empresa)	115
Figura 6.5 – Exemplo de materiais solicitados pelo <i>kanban</i> (fonte: empresa)	115
Figura 6.6 – Exemplo de materiais solicitados pelo <i>kanban</i> (continuação) (fonte: empresa)	116
Figura 6.7 – TPM Plano de Manutenção 1º semestre de 2012 (fonte: empresa)	119
Figura 6.8 – TPM Diagrama de nº de avarias por equipamento 2011 (fonte: empresa)	119
Figura 6.9 – TPM Diagrama de nº de avarias / h de paragem por equipamento 2011 (fonte: empresa)	120
Figura 6.10 – TPM Diagrama de nº de horas de paragem por equipamento 2011 (fonte: empresa)	120
Figura 6.11 – TPM Disponibilidade atingida vs contratada dos equipamentos – ano 2011 (fonte: empresa)	121
Figura 6.12 – TPM Standard de manutenção autónoma - impresso (fonte: empresa)	121
Figura 6.13 – TPM Standard de manutenção autónoma – exemplo 1 (fonte: empresa)	122
Figura 6.14 – TPM Standard de manutenção autónoma – exemplo 2 (fonte: empresa)	122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A – Ferramentas e metodologias adicionais da produção *lean* (descrição sucinta).

Anexo B - Implementação de outras ferramentas *lean* – área de reparação.

Anexo C - Definição da criticidade dos equipamentos de manutenção industrial.

Anexo D - Resultados obtidos com a implementação do TPM.

GLOSSÁRIO

Aeronavegabilidade – É a designação atribuída a um componente, acessório ou motor, quando após uma acção de manutenção ou regeneração se encontra de novo apto a ser usado numa aeronave.

AOG (*Aircraft On Ground*) – Acrónimo usado na indústria aeronáutica para indicar urgência num determinado processo. Frequentemente usado no circuito logístico para identificar mercadorias que são prioritárias.

Anomalia – Designação atribuída a qualquer defeito ou desvio identificado no componente ou produto aeronáutico em causa, de acordo com a documentação e publicações técnicas autorizadas para o efeito, e que implica a realização de quaisquer acções de manutenção por forma a restituir o estado utilizável. Em língua inglesa designado por *discrepancy*.

ATA (*Air Transport Association*) – Associação de entidades ligadas à actividade aeronáutica, dedicando-se a emitir normas e documentação de referência que possa constituir padrões industriais a adoptar por outras organizações.

ATA 100 – Um dos documentos de referência publicados pela ATA; descreve as regras de estruturação das restantes publicações técnicas que descrevem as instruções de funcionamento, de manutenção e de operação de produtos aeronáuticos. A estrutura criada segue uma forma hierárquica, começando por dividir as publicações em capítulos correspondentes a distintos sistemas de uma aeronave, atribuindo-lhes diferentes códigos, sob a forma numérica. Dentro de cada capítulo atribui outros códigos correspondentes a subsistemas e assim sucessivamente até ser atribuído um código aos componentes isolados.

Carro master – Dispositivo de suporte e transporte de peças na empresa. Todas as peças de um módulo de motor têm uma posição pré-estabelecida em cada tabuleiro.

EASA (*European Authority Safety Aviation*) - Agência Europeia para a Segurança da Aviação é uma agência da União Europeia à qual foram conferidas tarefas reguladoras e executivas específicas na área da segurança da aviação. A missão da agência é fornecer competência técnica à Comissão Europeia para a redacção de regras em matéria de segurança da aviação em diversos domínios e prestar o seu contributo técnico para a celebração de acordos internacionais pertinentes.

EMP (*Engine Management Plan*) – Documento emitido pelo fabricante de motores aeronáuticos, Rolls-Royce, com o objectivo de definir em detalhe as diversas operações de manutenção a que os módulos são submetidos para se repor a aeronavegabilidade dos mesmos.

Expendables – Material sempre usado na montagem dos conjuntos ou módulos. Também designado como material 100%, dado que é rejeitado e subsequentemente substituído sempre que o conjunto é desmontado.

FAA (*Federal Aviation Administration*) – É a entidade governamental dos Estados Unidos responsável pelos regulamentos e todos os aspectos da aviação civil nos Estados Unidos.

Gama básica – Conjunto de operações necessárias à obtenção de um determinado produto de acordo com publicação técnica, constituindo cada operação uma fase da respectiva gama. É identificada como básica quando se aplica às tarefas repetitivas de desmontagem, limpeza, inspecção, montagem e ensaio.

Gama de anomalia – Conjunto de operações necessárias à obtenção de um determinado produto de acordo com determinada especificação, constituindo cada operação uma fase da respectiva gama. É identificada como de anomalia quando se aplica às tarefas para repor uma peça na sua condição de aeronavegável, após ter sido detectada uma anomalia.

IATA (*International Air Transport Association*) – É uma organização internacional de linhas aéreas sediada em Montreal, Quebec no Canadá. O seu objetivo é ajudar as companhias aéreas a simplificar processos e aumentar a conveniência dos passageiros, reduzindo custos e melhorando a eficiência.

INAC (Instituto Nacional de Aviação Civil) – Entidade pública com as competências de licenciar, certificar, autorizar e homologar as actividades e os procedimentos, as entidades, o pessoal, as aeronaves, as infra-estruturas, equipamentos, sistemas e demais meios afectos à aviação civil, bem como definir os requisitos e pressupostos técnicos subjacentes à emissão dos respetivos actos.

JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) – É uma organização internacional constituída com o objectivo de melhorar o sector produtivo das empresas, com foco constante na criação de valor.

Kitting - Processo em que peças vindas de fluxos distintos, são agupados por módulo de motor, sendo posteriormente enviados para a montagem de conjuntos e/ou para a montagem final.

Logbook – Conjunto de informação, organizado sob a forma de um dossier, onde se incluem diversas fichas, cada uma delas referente ao motor, a cada módulo (do motor), a cada acessório (de cada módulo), a cada conjunto cujo controlo é considerado pertinente, a cada componente com limite de vida e, eventualmente, a outros artigos cujo controlo é considerado essencial. Em língua portuguesa designado por registo histórico.

LRU (*Line Replacement Unit*) - É um componente modular de um avião e/ou motor que foi concebido para ser substituído pela manutenção de linha, por um outro intermutável, de um modo simples e rápido.

MRO (*Maintenance Repair and Overhaul*) – Designação usada para identificar o sector de actividade que inclui as tarefas de manutenção e reparação de aeronaves, motores e componentes.

OEM (*Original Equipment Manufacturer*) - Fabricante original do equipamento; neste trabalho é a empresa *Rolls-Royce*.

On condition – É uma filosofia de manutenção baseada nos resultados das inspeções. A manutenção *on condition* não prevê desmontagens nem substituições programadas. Estas apenas ocorrem em consequência de resultados negativos ou duvidosos obtidos no decurso das inspeções programadas ou ocorrências inopinadas.

P/N (*Part-Number*) - Trata-se de uma referência numérica ou alfanumérica atribuída pelo fabricante (OEM) para codificar os artigos que produz e para os distinguir entre si. Pode existir duplicação do P/N entre diferentes fabricantes. Para evitar a confusão, usa-se associado ao P/N o código do fabricante, usado para distinguir os fabricantes entre si. Em língua portuguesa designado por número da peça ou referência do fabricante.

Power by the hour – Designação utilizada, pelo fabricante *Rolls-Royce*, para caracterizar um contrato comercial, em que o operador e/ou proprietário do motor aeronáutico paga um valor acordado, pela manutenção do bem, em função do número de horas voadas.

RFID (*Radio Frequency Identification*) – Tecnologia que utiliza ondas de rádio para transmitir dados. São etiquetas compostas por um *microchip* e uma resistência de metal (ou carbono) que funciona como antena. Esse *microchip* é rastreado por ondas de radiofrequência e para a transmissão de dados, elas respondem a sinais de rádio de um transmissor e reenvia as informações de sua localização e identificação para esse transmissor.

S/N (*Serial-Number*) – Trata-se de uma referência numérica ou alfanumérica atribuída pelo fabricante (OEM) para serializar os artigos que produz com o mesmo part-number e para os distinguir entre si. Para um dado part-number não pode existir duplicação do serial -number. Em língua portuguesa designado por número de série.

SB (*Service Bulletin*) – É uma publicação técnica complementar às publicações básicas que se aplicam ao produto aeronáutico e emitida pela mesma entidade. Trata-se de documentação aplicável em casos de acções que alertam para a realização de inspeções, substituições, modificações ou ensaios com carácter obrigatório, recomendado ou opcional. Em língua portuguesa designado por boletim de serviço.

Serviceable – É a designação atribuída aos componentes, acessórios e motores aeronáuticos, depois de terem sido inspeccionados e considerados isentos de quaisquer anomalias ou defeitos, podendo de novo ser utilizados. Em língua portuguesa designado por utilizável.

Shop floor – Designação utilizada para referir o local onde se executa as tarefas produtivas. Em língua japonesa *genba* (palavra muito utilizada no contexto da filosofia *lean*). Em língua portuguesa designado por planta fabril.

Shop visit – Designa a visita de um componente ou motor aeronáutico a um centro reparador, com o objectivo de ser submetido a operações de manutenção ou outras.

TAT (Turn Around Time) – Tempo de imobilização de um component / motor / aeronave para reparação / manutenção. Na industria aeronáutica, em especial, pretende-se TAT's reduzidos em virtude das elevadas penalizações operacionais e financeiras que acarreta a paralização de um bem produtivo extremamente dispendioso.

Time and material - Designação utilizada para caracterizar um contrato comercial, em que o operador e/ou proprietário do motor aeronáutico paga um valor acordado, pela manutenção do bem, em função de um orçamento apresentado após inspecção do mesmo.

Turbofan - Designação de modelo de motor aeronáutico de turbina, em que o fluxo que impulsiona o motor, é constituído, para além dos gases de escape a elevada velocidade (caudal primário), resultantes da combustão, por um fluxo adicional (caudal secundário) de ar não aquecido, que é impulsionado a baixa velocidade e canalizado por uma conduta através do motor, por acção duma *fan* (semelhante a um hélice de mais de 16 pás), colocada à entrada do motor.

Turboprop - Designação de modelo de motor aeronáutico de turbina, em que a maior parte da energia produzida é transferida dos gases de escape para a turbina que, por sua vez, a transforma num binário. Esta potência disponível a um veio é, posteriormente, utilizada para fazer movimentar um hélice (do avião).

WIP (Work in Progress) - Material que tenha entrado no processo de produção, mas que ainda não o completou. Trabalhos em curso (WIP), por conseguinte, refere-se a todos os materiais e produtos, parcialmente acabados, que estão em várias fases do processo de produção. WIP exclui inventário de matérias-primas no início do ciclo de produção, bem como, o inventário de produtos acabados no final do ciclo de produção.

WSC (Workscope) - Definição dos trabalhos a efectuar no motor e/ou módulos, após análise e interpretação da documentação técnica aplicável.

1 – INTRODUÇÃO

Num mundo em constante mudança, com mercados globais em permanente evolução e onde todos querem ter uma quota parte, as empresas e organizações têm de se mostrar mais inovadoras, flexíveis, com qualidade e tempos de resposta reduzidos. Estes factores não se aplicam apenas ao produto, mas também aos processos de produção. Isto aliado à dimensão e complexidade dos sistemas de produção actuais, torna importante a procura de ferramentas que permitam avaliar e otimizar os processos produtivos.

A implementação da filosofia *lean* é uma das soluções que as empresas têm ao seu dispor para melhorar a produtividade e competitividade, com o objectivo de perpetuar o seu negócio, promovendo o desenvolvimento de pessoas, processos e sistemas, tendo em vista a redução ou eliminação do desperdício e a criação de valor para todas as partes interessadas.

Com o presente capítulo efectua-se uma introdução ao trabalho desenvolvido, identificando qual a motivação para o mesmo, a sua importância no contexto actual, e a apresentação dos objectivos gerais.

Por fim, para uma melhor compreensão e visão global da dissertação, é apresentada a sua estrutura.

1.1 Justificação e motivação

Actualmente as empresas para sobreviverem e se manterem competitivas necessitam de ser produtivas e ao mesmo tempo, inovadoras, pelo que para atingir estes objectivos devem implementar sistemas de liderança e gestão onde a contínua redução de desperdício e criação de valor estejam presentes. Este sistema de gestão, designado por *lean* é um dos mais bem sucedidos modelos de gestão que o mundo empresarial conheceu.

O presente trabalho irá centrar-se no aprofundamento do estudo da filosofia *lean*, aliando uma perspectiva académica (e de estado da arte) à vertente mais prática do dia a dia numa empresa onde esta filosofia vem sendo implementada há três anos.

O facto de se estar a implementar na empresa uma linha de montagem móvel, única no sector de manutenção aeronáutica de motores, é um factor de motivação adicional. No mercado actual nenhuma outra empresa utiliza esta metodologia de trabalho para montar motores aeronáuticos em ambiente de manutenção; é bastante comum utilizarem-se as linhas pulsadas, mas não montagens com movimento constante. Com este trabalho pretende-se auxiliar a

empresa a melhorar os seus processos, sendo também uma motivação, visto que o resultado final de um qualquer processo de melhoria é sempre um esforço de todos.

1.2 Questão relevante da investigação

A presente dissertação tem como principal objectivo apresentar a filosofia *lean*, bem como descrever o modo como foi feita a implementação deste sistema de gestão numa empresa de manutenção aeronáutica.

A metodologia de investigação a usar neste trabalho será o estudo de caso.

A questão relevante da presente investigação é a seguinte: **“Como é que, através da implementação dos princípios da filosofia *lean* à manutenção de motores aeronáuticos, se consegue uma redução no TAT?”**.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação é constituída por 5 capítulos.

No capítulo 1 é feita a introdução ao trabalho, identificada a motivação para o desenvolver, são descritos os seus objectivos e é apresentada a estrutura deste documento.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão da literatura e identificados alguns dos conceitos e definições mais relevantes na filosofia *lean*.

No capítulo 3 é referida qual a metodologia a seguir na elaboração do estudo de caso e a adequação desta estratégia de investigação ao tema da dissertação.

No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso desenvolvido, sendo igualmente enquadrada a empresa, o sector de manutenção aeronáutica aplicada a motores e também as principais actividades desenvolvidas aquando da implementação da filosofia *lean* na empresa. São também identificados os resultados obtidos aquando da investigação na empresa.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões da investigação efectuada e sugeridas recomendações para trabalhos futuros.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

No presente capítulo faz-se uma revisão bibliográfica dos temas que interferem com o estudo de caso a desenvolver, no sentido de apresentar o estado da arte. A área de estudo que suporta este trabalho é a filosofia *lean*, pretendendo-se neste capítulo elaborar uma análise o mais exaustiva possível da mesma, desde a sua origem e princípios fundamentais, passando pelas ferramentas de implementação enquadradas no conceito *lean* e terminando nos indicadores de desempenho que permitem avaliar o impacto dessas mesmas acções.

A presente revisão de literatura envolveu a consulta de artigos em revistas da especialidade (recorrendo à biblioteca de conhecimento online), livros de autores referência, dissertações de mestrado/doutoramento e *internet*.

2.1 Enquadramento histórico

A definição de produção *lean* ou em português “magra” implica, em primeiro lugar, examinar a sua evolução histórica. Abaixo identificam-se algumas das principais etapas que conduziram à compreensão actual sobre esta filosofia de acordo com (Shah & Ward, 2007).

Período anterior a 1927

Henry Ford apresenta a sua filosofia de produção *Ford Production System* no livro “*Today and Tomorrow*” em 1927.

Período de 1945 a 1978 – Progresso no Japão

Toyoda (posteriormente *Toyota Motor Company*) foi criada em Koromo, Japão (ano de 1937). Taiichi Ohno e outros engenheiros da empresa estudaram em detalhe o *Ford Production System* e aperfeiçoaram os princípios, conceitos e ferramentas criando o *Toyota Production System*. Um dos factores chave é a implementação do *Just in Time* (JIT) na organização.

Em 1978, Ohno publica em japonês o livro *Toyota Production System* (TPS). O principal objectivo do TPS é a redução de custo através da eliminação de desperdício. O TPS desenvolve-se através de controlo e garantia de qualidade e respeito pelos colaboradores e comunidade em geral. Ohno recomenda a produção das unidades necessárias no momento em que são solicitadas e na quantidade requerida.

Período de 1973 a 1988 – TPS chega aos Estados Unidos da América

1973 – A crise do petróleo afecta os países ocidentais e tem como consequência uma reanálise dos processos produtivos usados à data. Uma nova filosofia de manufactura originada no Japão suscita muita curiosidade na comunidade científica, motivando a publicação de inúmeros trabalhos e livros sobre o tema.

1977 – Artigos publicados por Sugimori e Moden referem-se a ferramentas até então não aplicadas, tais como: JIT, *Kanban*, nivelamento de produção e de carga.

1984 – NUMMI uma empresa conjunta entre a *Toyota Motor Company* e a *General Motors* é criada na Califórnia, USA.

Meados da década de 80 – Livro de Moden “*Toyota Production System*” publicado em 1983 e o livro de Ohno “*Toyota Production System: Beyond large-scale production*”, (1988) são editados em inglês. Nesta fase o conhecimento e a interpretação das ferramentas constituintes do TPS ainda eram muito incipientes.

Período de 1988 a 2000 - Progresso académico

1988 – Krafcik usa o termo *lean* para ilustrar o processo de manufactura usado na *Toyota*.

1990 – O livro de Womack, Jones e Roos “*The machine that changed the world*” é publicado. Estabelece e identifica em detalhe o conceito de produção *lean*.

Meados da década de 90 – Para aprofundar e refinar os conceitos anteriormente apresentados, foram publicados os seguintes artigos académicos:

Medir o JIT - (Sakakibara et al, 1993), (Flynn et al, 1995) e (McLachlin, 1997);

Total Quality Management - (Ross, 1993), (Dean and Bowen, 1994), (Sitkin et al, 1994, Flynn et al, 1995).

1994 – O livro de Womack and Jones “*Lean Thinking*” é publicado. O conceito e filosofia *lean* é estendido a toda a organização, deixando de estar afecto somente ao processo de manufactura.

Período de 2000 até ao presente

Numerosos livros e artigos científicos são publicados, nos quais se relatam experiências de aplicação da filosofia *lean*, a sua implementação e optimização.

Na figura seguinte é sintetizada a evolução temporal da filosofia *lean* de acordo com a visão da (Strategos, 2006).

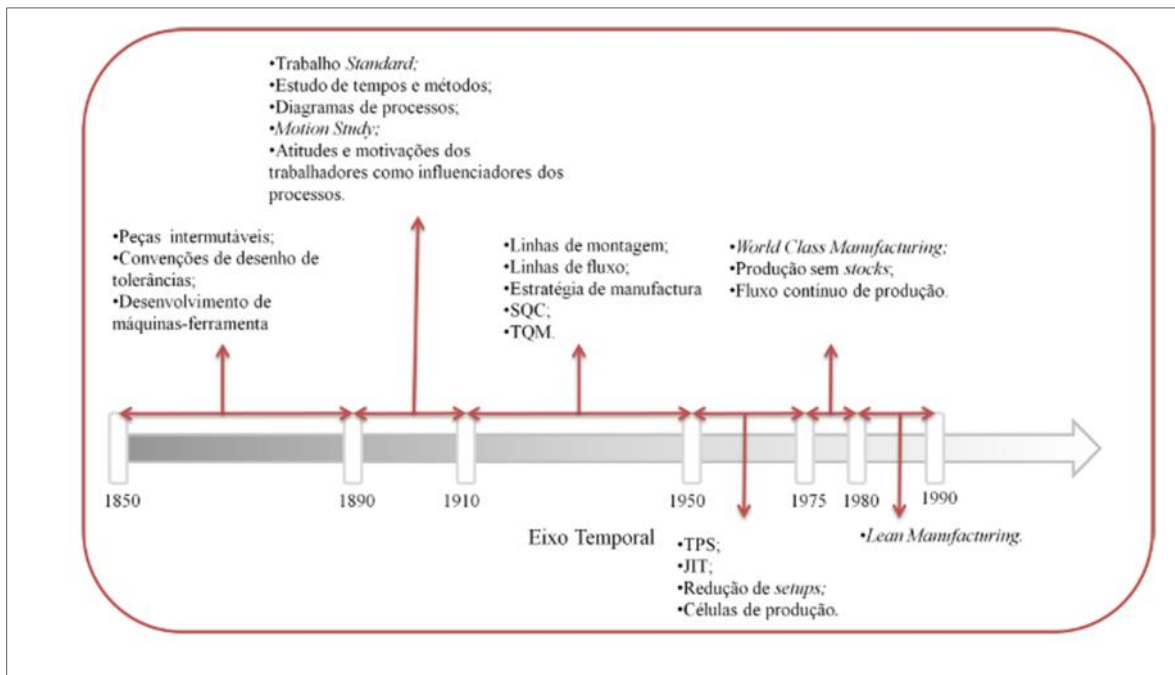


Figura 2.1 - Evolução temporal da filosofia lean (fonte Strategos, 2006 - adaptado)

Como se pode constatar através desta cronologia resumida, a evolução do pensamento *lean* ao longo do tempo foi acontecendo, motivado quer pelas diferentes situações sócio – económicas quer por condicionantes políticas e protagonizada por diferentes autores.

É importante mencionar que neste trabalho o conceito *lean* será considerado uma filosofia, quando se pretende referir a índole relacionada com o pensamento cognitivo. Será considerado uma metodologia sempre que o intuito for descrever ferramentas e abordagens – âmbito operacional, estabelecendo-se assim, a validade de ambos, tendo presente que filosofia/pensamento é diferente de metodologia.

A génese do pensamento *lean* está amplamente ligada ao *Toyota Production System* pelo que o subcapítulo que se segue debruçar-se-á sobre este sistema de produção. Algumas das ferramentas e métodos *lean* mencionadas no texto seguinte, serão apresentadas em detalhe nos subcapítulos posteriores.

2.2 Toyota Production System

Terminada a Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno introduziram na *Toyota Motor Company*, sediada no Japão, o conceito pioneiro de *Toyota Production System* - Sistema de Produção Toyota (Lander & Liker, 2007).

A *Toyota Motor Corporation*, através do TPS, combinou as vantagens da produção artesanal e da produção em massa, evitando o alto custo da primeira e a rigidez da segunda. Para esse

fim utilizava equipas multi-disciplinares, com elevada qualificação a todos os níveis da organização e máquinas flexíveis e automáticas com vista à produção de grande variedade e reduzido volume de produtos (Liker, 2004).

O TPS é também definido como *lean production*, porque usa menos de tudo, em comparação com a produção em massa - metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço físico, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo para desenvolver um novo produto, conforme referido por (Holweg, 2007).

Os conceitos pilar do Toyota Production System

A ideia que está subjacente ao TPS passa pela manutenção de um fluxo contínuo de produtos em linha que facilmente se possa adaptar a alterações da procura. Assim, o TPS assenta em dois pilares fundamentais: *Just-in-Time* e *Automation* (ou *jidoka*) que podem ser visualizados na casa TPS (Pinto, 2009) que consta da figura 2.2 e que serão desenvolvidos nas secções subsequentes.



Figura 2.2 - Organização funcional do TPS (Fonte: Pinto, 2009)

Basicamente, a casa encontra-se dividida em três partes:

- ✓ As fundações são a base de todo o sistema.
- ✓ As colunas externas (pilares) têm como função sustentar os objectivos;
- ✓ O telhado representa os objectivos do TPS;

Fundações da casa TPS

As fundações são a parte do sistema que sustenta a casa, sendo por isso consideradas como elemento principal. A estabilidade é necessária antes de começar qualquer mudança dentro de uma empresa que tenha como objectivo a implementação de um sistema de produção seguindo os princípios do pensamento *lean*.

Ao estabelecer de maneira bastante detalhada os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores num processo de produção, obtém-se o processo estável e normalizado. O processo estável e normalizado tem como base os seguintes elementos: *takt time*, detalhe da sequência exacta das tarefas a executar e consistência (diminuindo o desvio padrão), necessário para manter um processo a funcionar sem variabilidade (Slomp et al, 2009).

Além da implementação do processo estável e normalizado também faz parte da base a *kaizen* (melhoria contínua) e o *heijunka* (produção nivelada).

Pilar *Just-in-Time*

Para que um sistema de produção apresente um fluxo contínuo é necessário assentar nos princípios JIT, significando produzir apenas os produtos necessários na quantidade certa, num período de tempo adequado. Como resultado, o excesso de *stocks* e o excesso de mão-de-obra serão, naturalmente, diminuídos conseguindo-se assim, uma redução dos custos de produção e um aumento da capacidade produtiva (Amasaka, 2007).

Com a aplicação deste modelo de produção, não haveria a necessidade de *stocks* de produtos acabados e intermédios (Krumar & Suresh, 2008). No entanto, apesar da redução dos custos ser o objectivo mais importante deste sistema de produção, deve, também, permitir atingir três outros objectivos secundários que ajudam a alcançar o seu objectivo primordial, nomeadamente (Pinto, 2009):

- ✓ Controlo da qualidade - Permite ao sistema uma adaptação às flutuações da procura, em termos de quantidade e de variedade;
- ✓ Garantia de qualidade - Assegura que cada processo irá fornecer aos processos subsequentes apenas unidades conformes;
- ✓ Respeito pelo trabalhador - Deve ser cultivado o respeito pelos trabalhadores sempre que o sistema utiliza recursos humanos com vista a redução de custos.

O conceito da produção JIT assenta, para além do fluxo contínuo de produção, também, no sistema *pull* deixando que seja o cliente a “puxar” a produção. Assim sendo, os *outputs* são realizados no momento certo, na quantidade pedida e no local combinado, recorrendo ao *kanban* para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação (Junior &

Filho, 2010). Por outras palavras, (Ohno, 1997) tinha como objectivo munir a *Toyota* de um sistema capaz de responder rapidamente à procura, sem elevados *stocks* e que garantisse um sistema de produção de fluxo contínuo, evitando quebras e paragens na produção.

A implementação do sistema JIT ajuda a reduzir a produção excessiva, o tempo de espera, o transporte, o tempo de ciclo, o nível dos *stocks*, a movimentação excessiva de recursos e o número de produtos defeituosos (Holweg, 2007).

Pilar *Jidoka* (*Automation*)

O segundo pilar do TPS é o conceito de *automation* ou *jidoka* que frequentemente é definida como “automação inteligente”. Uma máquina que tenha a si associada o princípio *jidoka*, consegue evitar a produção defeituosa, já que possui mecanismos que alertam para a existência de condições anormais de produção, despoletando, através da gestão visual, procedimentos que permitam a rápida resolução do problema, em primeira instância, pelo operador. Este *empowerment* dado ao colaborador que está no terreno, atribuindo-lhe o poder de parar a linha, caso existam desvios significativos relativamente ao definido, é uma das características a reter deste pilar do TPS.

Desta forma, o *jidoka* permite a focalização na identificação e compreensão da causa fundamental do problema, evitando a sua reincidência através de um esforço conjunto entre operadores e supervisores (Gallardo, 2007). Este cenário é conseguido com o recurso a instrumentos de prevenção de defeitos nos processos, recorrendo, por exemplo, ao *poka-yoke*. A inspecção sucessiva, a auto-inspecção e a inspecção da fonte podem ser todas alcançadas através desta ferramenta, tanto através de controlo físico, como mecânico. O objectivo desta automação moderna é evitar a produção de peças que não cumpram os requisitos definidos, identificando o problema na sua origem e reduzindo a probabilidade de o operador cometer algum erro no seu posto de trabalho.

Na fase inicial da implementação de sistemas *jidoka* na *Toyota*, as paragens eram muitas, mas, à medida que os problemas foram sendo identificados e resolvidos, o número de falhas diminuiu significativamente, fazendo com que o rendimento das linhas se tenha elevado para valores perto dos 100% (Holweg, 2007).

2.3 Filosofia da produção *lean*

Com a publicação da obra de (Womack et al, 1990) “*The machine that changed the world*”, e posteriormente o livro “*Lean thinking*” em 2003, demonstrou-se que a dimensão do conceito *Toyota Production System* tinha extrapolado a indústria automóvel, e tinha evoluído até à filosofia de gestão empresarial *lean thinking* (pensamento ou filosofia *lean*), aplicável a qualquer indústria ou serviço (Herron & Hicks, 2008).

O pensamento *lean* baseia-se nos seguintes princípios:

- ✓ Especificar o que cria, ou não cria, valor para cada produto/serviço (*value*);
- ✓ Identificar os fluxos de valor e eliminar as actividades que não acrescentam valor (*value stream*);
- ✓ Criar um fluxo de valor contínuo (*flow*);
- ✓ Deixar o cliente “puxar” o fluxo de valor (*pull system*);
- ✓ Perseguir a perfeição (*perfection*);

Valor (*value*) – O valor identifica o que realmente importa para o consumidor. O consumidor é a entidade que compra o produto ou serviço pelo que é ele que define o valor desse produto ou serviço. Assim, o valor está relacionado com todas as características do produto ou serviço que são desejadas pelo consumidor.

Apenas o valor justifica a existência de uma organização (Pinto, 2009).

Cadeia de valor (*value stream*) - A cadeia de valor garante que toda a actividade do negócio acrescenta valor ao produto e, conseqüentemente, ao consumidor. O mapeamento da cadeia de valor deve identificar todo o fluxo de actividades de valor acrescentado e valor não acrescentado da produção ou da prestação de serviços, desde a concepção ao lançamento do produto (incluindo o desenvolvimento e transformação de matéria-prima) e desde a encomenda à entrega ao cliente. Depois de mapeado o processo, todas as actividades que não acrescentam valor ao produto ou serviço devem ser eliminadas, conseguindo-se, assim, obter a cadeia de valor de um produto ou serviço. Este princípio estende-se, muitas vezes, para fora da empresa, como por exemplo na aplicação de princípios *lean* às cadeias de abastecimento (*lean supply chain*).

Fluxo (*flow*) - Após o valor ter sido especificado com precisão, a cadeia de valor de determinado produto ter sido totalmente mapeada e as actividades que geram desperdícios eliminadas, o próximo passo é fazer com que os produtos fluam através das actividades. Este

princípio implica suprimir esperas para a execução das tarefas e *stocks* entre etapas do processo.

Puxar (*pull system*) – O sistema *pull* é um dos princípios fundamentais do JIT, consequentemente do TPS e, por fim, de todo o pensamento *lean*. Assim, o sistema *pull* permite que seja o consumidor a “puxar” a produção, evitando a acumulação de *stocks* e garantindo a entrega do produto ao cliente, na quantidade correcta e na altura certa.

Perfeição (*perfection*) - Quinto princípio do pensamento. Pressupõe que o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros seja contínuo e infinito. Será sempre possível especificar melhor o valor, eliminar desperdícios ao longo da cadeia, suprimir obstáculos que interrompam o fluxo do produto e fazer com que o cliente puxe mais a produção. Será apenas esta predisposição de insatisfação constante que permitirá o sucesso da implementação da filosofia *lean*.

Com a constante evolução da filosofia *lean*, outros autores, como (Pinto, 2009), referem que mais dois princípios devem ser acrescidos aos referidos anteriormente:

Conhecer os Stakeholders - Grupos de interesse que se relacionam, afectam e são afectados pela organização e pelas suas actividades. Uma empresa que apenas se concentre na satisfação do seu cliente, negligenciando os interesses e necessidade das outras partes – como colaboradores – não podem prever um bom futuro. O mesmo se aplica às empresas que, a troco da redução de custo dos seus produtos e/ou serviços, continuam a destruir o ambiente ou a explorar indiscriminadamente os recursos naturais. A história mostra que não vale a pena tentar enganar as leis naturais, porque tudo o que se semeia será colhido.

Uma outra alteração proposta a este nível consiste em focalizar a atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor. Não importa em que etapa da cadeia de valor a empresa se encontra, a sua preocupação deverá ser sempre servir melhor o cliente final. Se este não compra os produtos e/ou serviços, toda a cadeia estará condenada a ceder.

Inovar Sempre - O conceito de inovação pode ser bastante diverso, principalmente, na sua aplicação. Inovação é a exploração com sucesso de novas ideias. E sucesso para as empresas significa aumento de facturação, acesso a novos mercados, aumento das margens de lucro entre outros benefícios.

Para que as empresas realizem inovações é necessário que elas, em primeiro lugar, tomem consciência da importância de inovar no cenário competitivo actual. Não há como se tornar uma empresa inovadora sem dar a devida importância ao tema.

Em seguida, as empresas devem entender o que é inovação e qual é a sua dinâmica. A partir daí elas podem definir uma estratégia que deve estar de acordo aos objectivos da organização e à sua visão de futuro. Assim, é possível identificar outro conceito essencial para que as empresas se tornem inovadoras: a atenção para o futuro é uma premissa para a empresa inovar.

O próximo passo é desenvolver e aplicar ferramentas de gestão do processo de inovação. Essas soluções devem ser personificadas a cada realidade. Para isso, devem ser levados em consideração o tamanho da empresa, o sector de actuação, a cultura e a estrutura organizacional, o sistema de agentes no qual ela está inserida, a visão de futuro e suas ambições.

Como referido anteriormente, para uma organização criar valor para os seus *stakeholders*, deve centrar-se nas actividades que vão ao encontro da satisfação daqueles, procurando eliminar todas as formas de **desperdício** (*muda* em japonês).

Com a identificação de desperdícios, o objectivo é chegar a uma condição onde a capacidade e carga sejam iguais. Para a filosofia *lean*, principalmente na sua origem japonesa, é relevante identificar e eliminar o seguinte:

- ✓ Tudo o que não acrescenta valor é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Visto de outra perspectiva, desperdício refere-se a todas as componentes que o cliente não está disposto a pagar;
- ✓ Tudo o que é variável; refere-se às irregularidades ou às inconsistências. É eliminado através da adopção do sistema JIT, procurando fazer apenas o necessário e quando pedido. Este é aplicado através do sistema *pull*, deixando o cliente puxar os produtos ou serviços.
- ✓ Tudo o que é irracional; manifesta-se através do excesso ou insuficiência - É eliminado pela uniformização de trabalho, garantindo que todos seguem o mesmo procedimento, tornando os trabalhos mais previsíveis, estáveis e controláveis.

2.3.1 Filosofia da produção *lean* - Fontes de desperdício

As sete principais fontes de desperdício numa organização, identificadas por Shigeo Shingo (1989), aquando da elaboração do seu trabalho sobre o TPS, são as seguintes:

- ✓ Produção excessiva;
- ✓ Processos inapropriados;
- ✓ Esperas;
- ✓ Transportes;
- ✓ Inventários desnecessários;
- ✓ Defeitos;
- ✓ Movimentação desnecessária.

Seguidamente será caracterizada cada uma das fontes identificadas (Liker, 2004):



Figura 2.3 – Fontes de desperdício (fonte: empresa)

Produção excessiva - Representa o antagonismo dos princípios JIT, sistema baseado no conceito *pull*, em que apenas se produz o que o cliente pretende, nem mais, nem menos. No fundo, produzir em excesso conduz a uma filosofia JIC – *Just-In-Case*, modelo pelo qual parte significativa das empresas ainda se rege. A produção excessiva é, muitas vezes, proveniente da:

- ✓ utilização de lotes de elevada dimensão ou produção em massa;
- ✓ antecipação da produção;
- ✓ impossibilidade de se efectuar a mudança de ferramenta num curto espaço de tempo;
- ✓ necessidade de criar *stock* para compensar unidades defeituosas.

A produção em excesso gera consequências várias para a empresa, nomeadamente:

- ✓ Necessidade de antecipar compras (matéria prima ou qualquer outro tipo de material/peças) de forma a sustentar a produção;
- ✓ Aumento de *stocks*;
- ✓ Maior propensão à ocorrência de *stocks* intermédios;
- ✓ Planeamento produtivo sem qualquer flexibilidade.

É possível, através das ferramentas *lean*, suprimir este desperdício como, por exemplo:

- ✓ Trabalho programado;
- ✓ Balanceamento dos postos de trabalho;
- ✓ Produção em fluxo contínuo;
- ✓ Nivelamento da produção (*Heijunka*);
- ✓ Mudança rápida de ferramentas e *setups* (SMED).

Processos inapropriados - Esta fonte de desperdício refere-se à complexidade desnecessária de alguns processos de produção que, quando convertidos em processos mais simples, conduzem a resultados mais eficientes.

Um aumento da taxa de defeituosos pode ser consequência de operações ou processos incorrectos. A complexidade de alguns processos que, muitas vezes, é acompanhada pela falta de formação dos colaboradores conduz a afectação indevida de recursos, manuseamento incorrecto de ferramentas, entre outros, constituindo, também, uma fonte de desperdício. Para eliminar esta fonte de desperdício, o *lean* propõe a formação dos colaboradores, análise dos processos com vista à sua simplificação e eficiência, trabalho padronizado e, por fim, automatização dos processos.

Esperas – Representa períodos de inactividade, ou seja, tempo em que máquinas ou pessoas estão em espera devido a um problema num processo a jusante motivado por atrasos nos transportes, máquinas paradas, diferenças entre os operadores na cadência de trabalho, *layout* problemático ou lotes de produção de grande dimensão. (Amaro & Pinto, 2006) sugerem, então, alguns métodos de eliminação deste desperdício, nomeadamente:

- ✓ Nivelamento da produção;
- ✓ *Layout* específico por produto, considerando-se o óptimo para o processo;
- ✓ Mudanças rápidas de ferramentas;
- ✓ Balanceamento dos postos de trabalho.

Transportes – Diz respeito à deslocação de materiais de um posto de trabalho para outro, como é o caso do trabalho em processo/curso (*Work In Progress* - *WIP*). Os sistemas de transporte e movimentação podem ter efeito negativo, porque usam indevidamente o espaço da fábrica, aumentam o tempo de fabrico e, em muitos casos, resultam em danos no produto. Esta fonte de desperdício, na maioria das vezes, não pode ser eliminada devido à necessidade de deslocação dos materiais/produtos durante o processo produtivo. Contudo, pode ser minimizada através da diminuição da frequência (nº de deslocações) e da distância de cada deslocação. A metodologia *lean* identifica algumas directrizes para a eliminação deste desperdício, nomeadamente:

- ✓ Células de produção;
- ✓ Produção fluida, sem interrupções;
- ✓ Operadores flexíveis;
- ✓ Flexibilidade operacional;
- ✓ Produtos modulares.

Inventários desnecessários - Toda a produção que não seja necessária para atender os pedidos do cliente conduzem à acumulação de *stocks* (matéria prima, *WIP* e produto acabado).

Níveis de *stocks* acima das necessidades implicam mais espaço em armazém, resultando em maiores custos para a empresa. (Demeter & Matyusz, 2009) referem que a melhor maneira de encontrar desperdícios é procurar pontos de acumulação de *stocks*, pois por detrás dos mesmos poderá existir uma variedade de causas que necessita de ser analisada, isto é, *stocks* elevados normalmente escondem problemas associados à produção.

Uma das principais causas pelo qual se acumulam *stocks* é o facto da empresa os aceitar como normais, algo que faz parte do activo da empresa. Outras causas muito comuns são os tempos de *setups* muito longos, a existência de gargalos ou estrangulamentos (*bottlenecks*) na produção, a antecipação da produção (adopção do sistema JIC em vez de JIT), problemas de qualidade e a dessincronização dos processos.

A metodologia *lean* propõe alguns modos de eliminação/redução do nível de *stocks*, nomeadamente:

- ✓ Nivelamento da produção;

- ✓ Sincronização da produção;
- ✓ Produção *pull*;
- ✓ Melhoria contínua da qualidade dos processos;
- ✓ Mudança rápida de *setups*.

Defeitos - Os defeitos ou problemas de qualidade não só criam incerteza no processo como influenciam a capacidade de produção, podendo mesmo limitá-la.

A estes estão associados custos de inspecção, reparação (*rework*) e resposta às reclamações dos clientes. Existe uma relação directa entre os defeitos e os *stocks*, pois quando se encontram defeitos com alguma frequência aumentam o número de inspecções e, também, a quantidade a produzir para colmatar as unidades defeituosas, implicando deste modo na diminuição da produtividade. (Amaro & Pinto, 2006) identificam as seguintes causas para a ocorrência de defeitos:

- ✓ Ênfase na inspecção do produto final;
- ✓ Ausência de padrões de inspecção;
- ✓ Falhas humanas;
- ✓ Ausência de trabalho padronizado;
- ✓ Transportes e movimentações (gerando maioritariamente danos).

O *lean* sugere as seguintes acções para eliminar esta fonte de desperdício:

- ✓ Implementação do trabalho padronizado;
- ✓ Presença de dispositivos de detecção de erros ou *error-proofing* (*poka-yoke* – abordado em secção posterior);
- ✓ Produção com fluxo contínuo;
- ✓ Eliminação da movimentação de peças e materiais;
- ✓ Automatização de actividades.

(Amaro & Pinto, 2006) referem que “a inspecção detecta peças com defeito, mas não é solução para eliminar defeitos”, pelo que é extremamente importante saber a origem dos defeitos, para que as acções correctivas sejam as mais efectivas possíveis.

Movimentação desnecessária - Esta fonte de desperdício reflecte as movimentações realizadas quando da realização das actividades de um processo, muitas vezes desnecessárias

e, por isso, não acrescentam valor. Entre as causas mais comuns para a movimentação/trabalho desnecessário está o isolamento do operador, a própria desmotivação do operador, *layout* mal concebido do ponto de vista ergonómico e funcional, a falta de formação dos operadores e a pouca ênfase, por parte da organização, em aspectos relacionados com o estudo do trabalho. Os movimentos numa actividade devem ser feitos para acrescentar valor ao produto, pelo que todos os que não satisfaçam esta premissa devem ser considerados desperdício. A metodologia *lean* fornece indicações para a eliminação desta fonte de desperdício, nomeadamente:

- ✓ Garantir fluxo contínuo de produção;
- ✓ Trabalho padronizado;
- ✓ Formação e treino de colaboradores;
- ✓ Identificação de movimentações que não acrescentam valor, eliminação das mesmas ou simplificação do processo.

Para além das 7 fontes de desperdício acima mencionadas, Penfield (2006), baseado no livro de Womak e Jones «*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*» de 2003 identifica uma oitava fonte de desperdício, a saber: :

Subutilização dos colaboradores - É a mais nova forma de desperdício que reconhece que as empresas não utilizam inteiramente as capacidades, nomeadamente, de tomada de decisão dos seus colaboradores; (Ohno 1997) afirmou que um dos objectivos do *Toyota Production System* era criar pessoas pensantes. O *lean* é um processo bastante autocrático de reengenharia, com o propósito de mudar completamente os processos de trabalho e, potencialmente, as pessoas, pelo que este pensamento tenta inculcar, principalmente à gestão de topo, que a valorização do intelecto do operador é fundamental, pelo que o operador deve ser envolvido e ter uma voz activa em qualquer projecto de melhoria contínua horizontalizando, assim, a estrutura hierárquica da organização, contrapondo com o que acontecia na filosofia de produção em massa de Henry Ford.

2.4 Ferramentas e metodologia da produção *lean*

Neste subcapítulo, e sem pretensão de ser exaustivo, são identificadas ferramentas e métodos que a filosofia *lean* recorre frequentemente (Pinto, 2009). Os autores não são unânimes na distinção entre metodologia, método, técnicas e ferramentas.

Assim sendo, optámos pela seguinte distinção que passaremos a utilizar; por método, conceito mais abrangente, entende-se a orientação (caminho) seguida no sentido da implementação e manutenção da filosofia *lean*. Ferramenta é a prática (técnica) usada para se atingir os objectivos identificados:

- ✓ *Kaizen*;
- ✓ *Value Stream Mapping* (VSM);
- ✓ 5S;
- ✓ TPM;
- ✓ Trabalho padrão (*Standard Work*);
- ✓ Gestão Visual (*Andon*);
- ✓ *Single Minute Exchange of Dies* (SMED);
- ✓ *Poka-yoke*;
- ✓ *Takt Time*;
- ✓ *Kanban*;
- ✓ *Heijunka*;
- ✓ *Just-In-Time* (JIT);
- ✓ *Jidoka*;
- ✓ 6 *sigma*;
- ✓ *Voice of the Customer* (VOC);
- ✓ Diagramas de Causa e Efeito;
- ✓ Análise ABC (Diagrama de Pareto);
- ✓ Diagramas esparguete (*Spaghetti Diagrams*);
- ✓ *Failure Mode and Effect Analysis*;
- ✓ *Time Value Analysis*;
- ✓ Técnica dos 5 “porquês”;
- ✓ *Brainstorming*;
- ✓ Ciclo PDCA (*Plan-Do-Control-Act*).

De seguida são apresentadas as nove primeiras técnicas de uma forma mais detalhada, visto serem estas que se consideram mais relevantes para o estudo de caso a interpretar. As restantes, das identificadas acima, são mencionadas de um modo mais resumido no anexo A.

2.4.1 Kaizen

Kaizen, é uma palavra de origem japonesa que significa melhoria contínua (*kai* - mudança; *zen* - bom ou para melhor). Para o seu criador, (Ohno, 1997), quando aplicada ao local de trabalho, é uma metodologia baseada na identificação “contínua” de oportunidades de melhoria, na sua análise e implementação imediata em toda organização. Esta metodologia envolve todos os processos, quer de produção, quer administrativos, bem como os colaboradores de uma organização.

Nesta metodologia, o ser humano é visto como o bem mais valioso das organizações. Desta forma, este deve ser estimulado a melhorar continuamente o seu trabalho, com a responsabilidade de cumprir os principais objectivos e metas da organização, tendo também como objectivo a sua satisfação pessoal e profissional. Deve ser fomentada a ideia de que o trabalho colectivo prevalece sempre sobre o individual. Estas mudanças nos valores da organização são extremamente difíceis de ocorrer, mas não são impossíveis (Scotelano, 2007).

De um modo resumido pode-se classificar qualquer tarefa de uma empresa nas três seguintes categorias (Chen & Shady, 2008) - ver figura 2.4 (a):

- ✓ Trabalho que acrescenta valor “*value-added work*”;
- ✓ Trabalho que não acrescenta valor (mas que é necessário efectuar, por exemplo inspecção) “*incidental work*”;
- ✓ Despedício (ou “*muda*”) actividade que o cliente não está disposto a pagar.

Para incrementar o trabalho que acrescenta valor, várias empresas simplesmente aumentam o nº de horas de trabalho (ver figura 2.4 (b)), muitas vezes sem se aperceberem que ao fazerem isso aumentam também as componentes não desejáveis.

Assim sendo, a melhor abordagem é implementar actividades de *kaizen* para melhorar o processo identificando e reduzindo as tarefas que criam desperdício (ver figura 2.4 (c)).

Quando uma série de pequenas e estratégicas melhorias são implementadas, rapidamente se aumenta a eficiência do processo ou sistema (Chen & Shady, 2008).

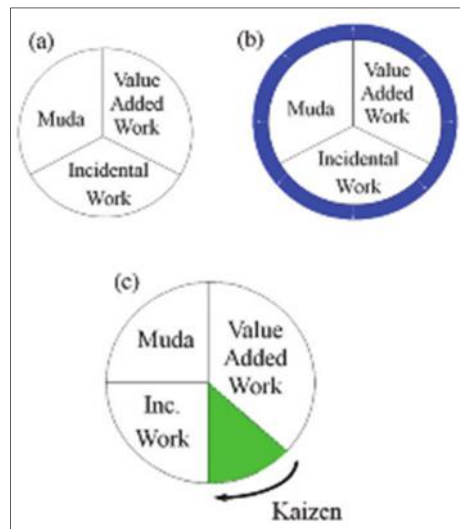


Figura 2.4 – Efeito do kaizen nas três componentes do trabalho(fonte: Chen & Shady, 2008)

Para identificar a necessidade da aplicação da metodologia *kaizen* numa organização é importante utilizar o mapeamento do fluxo de valor, pois através deste é possível visualizar as fontes de desperdício existentes (Ciconelli, 2007).

Na melhoria contínua existe sempre “alguma coisa” que pode ser melhorada a cada hora, dia ou mês. Não deve passar nenhum dia sem que tenha sido implementado algum tipo de melhoria na organização (Ciconelli, 2007).

Aquando da conclusão de um evento *kaizen* a empresa deverá ter avançado em “degrau” no processo organizativo. A etapa seguinte é a estabilização e manutenção nesse patamar, preparando a empresa para um novo ciclo de melhoria que deverá ser efectivado o mais rapidamente possível (Kumar & Suresh, 2008).

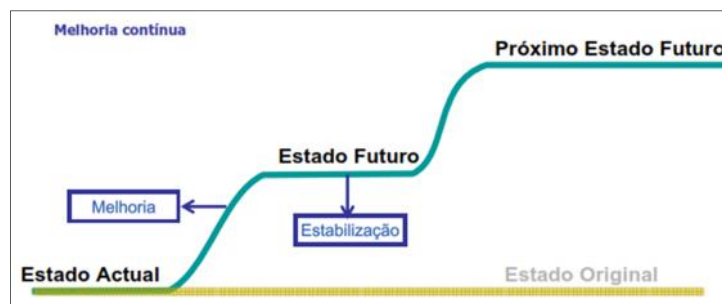


Figura 2.5 – Implementação do kaizen – evolução temporal (fonte: empresa)

Os 10 mandamentos para o sucesso de uma actividade *kaizen* são:

- ✓ Não procure desculpas e justificações, não culpe os outros, não fale do passado;
- ✓ Não se preocupe antecipadamente, enfrente as situações;
- ✓ Discuta os problemas baseando-se em factos concretos. Não se deve argumentar com base em suposições ou imaginação;
- ✓ Aproveite os problemas e as dificuldades para encontrar as melhores ideias e soluções;

- ✓ Não tenha como objectivo 100% de perfeição, 60% já é muito bom. Aja rápido mesmo que o resultado seja parcial. Imprescindível é o avanço/evolução;
- ✓ Faça as coisas acontecerem imediatamente (“*trystorming*”);
- ✓ Não use dinheiro. Use mais o raciocínio. Se não conseguir pensando então use o seu suor (a sua dedicação, o seu desempenho);
- ✓ Transforme os movimentos desnecessários em movimentos produtivos (que geram lucros);
- ✓ Destrua os mitos, rejeite os preconceitos e, se necessário, contrarie “bom senso tradicional”. Não aceite “verdades absolutas”. Argumente com base em factos concretos e não em suposições;
- ✓ *Kaizen* é infinito. As melhorias são intermináveis, procure-as continuamente.

2.4.2 VSM

O Mapeamento de Fluxo de Valor, introduzido por Mike Rother e John Shook, é uma aplicação comum da filosofia *lean*, que visa um dos princípios fundamentais do *Lean Thinking*, a eliminação de tarefas que não agregam valor ao processo (Chen & Shady, 2008). Neste mapeamento são considerados os fluxos de informação e de materiais para determinado produto ou família de produtos, sendo que o principal objectivo é a identificação e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia, de modo a atingir-se eficiências nos processos (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

De acordo com (Rother & Shook, 2003), para além da simplicidade e fácil implementação, o VSM:

- ✓ Ajuda a ter uma melhor percepção do fluxo de valor de toda a organização em vez dos processos individualmente (clarifica a dependência entre os processos);
- ✓ Melhora a visualização da relação entre os processos e entre os fluxos de informação e de material;
- ✓ Ajuda a identificar não somente os desperdícios, mas também as fontes de desperdícios no fluxo de valor;
- ✓ Separa as actividades que acrescentam valor ao cliente das que não acrescentam valor;
- ✓ Permite a elaboração de um plano para a utilização correcta de ferramentas e dos métodos *lean* mais adequados a partir das oportunidades de melhoria identificadas;
- ✓ É uma ferramenta qualitativa que auxilia na descrição de como uma unidade produtiva deve operar para criar o fluxo de valor desejável;

- ✓ Descreve o que é necessário fazer para se obterem valores quantitativos, possibilitando a comparação entre o estado actual e o futuro;
- ✓ Melhora a compreensão de sistemas complexos;
- ✓ Identifica as oportunidades para implementar as ferramentas e metodologias *lean* adequadas;
- ✓ Aumenta a produtividade numa organização.

O Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta de “papel e caneta”, que se cria através da utilização de um conjunto de ícones padronizados, ver figura 2.6.

De acordo com (Locher, 2008), podem ser utilizados *post its* de várias cores (indicando as diferentes fases do processo) e aplicá-los sobre um rolo de papel colado a uma parede. Com um marcador de cor (por exemplo azul para fluxo de materiais e vermelho para fluxo de informação), identificar as interligações entre todas as fases do processo a estudar.

Deve-se também registar (na parte inferior do rolo de papel) os tempos de valor acrescentado (operações) e os tempos de não valor acrescentado (como esperas e transportes) numa linha temporal.

Devem participar todas as pessoas-chave da cadeia de valor, nomeadamente dos seguintes departamentos: Comercial, Engenharia, Planeamento, Produção, Logística, etc. O seu contributo é essencial na melhoria global da cadeia e no desempenho da organização.



Figura 2.6 –utilização de ícones padronizados – ferramenta VSM (fonte: empresa)

O primeiro passo consiste na escolha do produto ou família de produtos em que se pretende implementar as melhorias, seguido da elaboração do desenho para o estado actual do fluxo, ou seja, como decorrem os processos na actualidade. A partir deste, faz-se uma análise em que se identificam as fraquezas e desperdícios. O último passo consiste na elaboração do mapeamento do estado futuro, que é um esquema de como o fluxo deve provir após a remoção dos processos ineficientes, tornando-se este mapa a base para as mudanças necessárias no sistema (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Para finalizar deve-se definir um plano de trabalho e uma calendarização para a sua implementação (Serrano et al, 2008).

As seguintes directrizes devem ser seguidas pelos utilizadores aquando da definição do estado futuro (Serrano et al, 2008):

- ✓ O ritmo da produção deve ser imposto pela procura. O *takt time* é a referência para esse ritmo;
- ✓ Fluxo contínuo (ou linha móvel) deve ser estabelecido sempre que possível;
- ✓ Sistemas puxados devem ser implementados quando não for possível o fluxo contínuo;
- ✓ Um único processo principal deve concentrar as atenções, sendo os outros considerados sub processos e submetidos ao ritmo definido para o mais relevante;
- ✓ Usar processos de planeamento simples para maximizar o volume de produção a obter;
- ✓ Preocupação em melhorar a eficiência do processo, promovendo sempre que necessário projectos de redução de tempo de ciclo, melhorar métodos de trabalho, etc.

2.4.3 5 S

5S – é uma ferramenta que visa a organização e padronização do espaço. Corresponde a cinco palavras japonesas iniciadas com som “s” (Womack & Jones, 2003).

Seiri (senso de utilização) – Manter no local de trabalho apenas os materiais e ferramentas necessárias para a tarefa a executar nesse espaço, diminuindo assim a quantidade de obstáculos no espaço produtivo.

Nesta fase, o trabalho começa a ser colocado em ordem para que só se utilize o que for realmente necessário e aplicável. Por isso, é importante ter o necessário, na quantidade apropriada e controlada para facilitar as operações. É essencial saber separar e classificar os objectos, dados úteis dos inúteis da seguinte forma:

- ✓ O que é usado sempre: colocar próximo ao local de trabalho;
- ✓ O que é usado quase sempre: colocar próximo ao local de trabalho;
- ✓ O que é usado ocasionalmente: colocar um pouco afastado do local de trabalho;
- ✓ O que é usado raramente, mas necessário: colocar separado, em local determinado;
- ✓ O que for desnecessário: deve ser reformado, vendido ou eliminado, pois ocupa espaço necessário e atrapalha o trabalho.

Seiton (senso de organização) – Facilitar a identificação e localização das ferramentas e materiais necessários para a realização da tarefa, próximo do local de trabalho, evitando movimentos desnecessários.

Nesta fase é importante:

- ✓ Padronizar as nomenclaturas;
- ✓ Usar rótulos e cores vivas para identificar os objectos, seguindo um padrão;
- ✓ Guardar objectos diferentes em locais diferentes;
- ✓ Expor visualmente os pontos críticos, tais como extintores de incêndio, locais de alta voltagem, partes de máquinas que exijam atenção, etc;
- ✓ Determinar o local de armazenamento de cada objecto;
- ✓ Onde for possível, eliminar as portas;
- ✓ Não deixar objectos ou móveis no meio do caminho, atrapalhando a locomoção no local.

Seiso (senso de limpeza) – Manter o local o mais limpo possível com todos os componentes nos respectivos locais.

Cada pessoa deve saber a importância de estar num ambiente limpo e dos benefícios de ambiente com a máxima limpeza possível. O ambiente limpo traduz qualidade e segurança.

O desenvolvimento do senso de limpeza proporciona:

- ✓ Maior produtividade das pessoas, máquinas e materiais, evitando o re-trabalho;
- ✓ Evita perdas e danos de materiais e produtos;

Para isto, é importante que os colaboradores tenham consciência e habituem-se a:

- ✓ Procurar limpar os equipamentos após o seu uso, para que o próximo a usar encontre-o limpo;
- ✓ Aprender a não sujar e eliminar as causas da sujidade;

- ✓ Definir responsáveis por cada área e sua respectiva função;
- ✓ Manter os equipamentos, ferramentas e outros materiais sempre na melhor condição de uso;
- ✓ Após usar um aparelho, deixá-lo limpo e organizado para o próximo utilizatório;
- ✓ Cuidar para que se mantenha limpo o local de trabalho, dando atenção a todos os cantos e topos, pois são sítios que acumulam muita sujeira;
- ✓ Não deitar lixo ou papéis para o chão;
- ✓ Dar destino adequado ao lixo, caso exista.

Tudo isto é fundamental para a imagem (interna e externa) da empresa.

Seiketsu (senso de padronização) – significa “padronização”, manter a ordem, limpeza e organização, através da criação de regras, normas e procedimentos para manter o nível atingido, ou seja, para manter os três “S” acima referidos de forma contínua. No contexto dos 5“S”, incluem-se outras considerações, tais como: cores, formas, iluminação, ventilação, calor, vestuário, higiene pessoal e tudo o que causar uma impressão de limpeza.

Shitsuke (senso de auto-disciplina) – Tornar as quatro regras anteriores num padrão, não permitindo o regresso aos velhos hábitos.

Atitudes importantes:

- ✓ Usar a criatividade no trabalho e nas actividades;
- ✓ Melhorar a comunicação entre os operários no trabalho;
- ✓ Compartilhar visão e valores, harmonizando as metas;
- ✓ Treinar os colaboradores com paciência e persistência, consciencializando-os para os 5S's;
- ✓ Periodicamente aplicar os 5S's para avaliar os avanços.

É importante cumprir os procedimentos operacionais e os padrões éticos da instituição, procurando sempre a melhoria. A auto-disciplina exige consciência e um constante aperfeiçoamento de todos no ambiente de trabalho. A consciência da qualidade é essencial.

Com o tempo a implementação do programa traz benefícios, a saber:

- ✓ Reduz a necessidade constante de controlo;
- ✓ Facilita a execução de toda e qualquer tarefa e/ou operação;

- ✓ Evita perdas oriundas de trabalho, tempo, ferramentas, etc.;
- ✓ Fornece previsões do resultado final de qualquer operação;
- ✓ Os produtos ficam dentro dos requisitos de qualidade, reduzindo a necessidade de controlo, pressões, etc.

Resumidamente, de acordo com (Riani, 2006), os principais objectivos desta metodologia são:

- ✓ Melhoria da qualidade dos produtos;
- ✓ Melhoria da qualidade de vida dos colaboradores;
- ✓ Optimização do espaço de trabalho;
- ✓ Aumento da segurança no espaço de trabalho;
- ✓ Foco para o trabalho de equipa.

2.4.4 TPM

Total Productive Maintenance (TPM) é um método de gestão de manutenção proposto por Seiichi Nakajima (Nakajima, 1988), que tem sido implementado de um modo crescente desde o ano de 1971.

O *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM) define TPM do seguinte modo “*system of maintenance covering the entire life of the equipment in every division including planning, manufacturing, and maintenance*”.

Por outras palavras pode-se afirmar que é uma ferramenta que tem por base a definição de uma estratégia de gestão de equipamento, que permite alcançar a máxima eficiência e disponibilidade do mesmo ao longo de toda a sua vida útil, que envolve os seguintes sectores fundamentais da empresa (Jeon et al 2011):

- ✓ Operadores;
- ✓ Manutenção;
- ✓ Suporte Técnico;
- ✓ Gestão.

De acordo com (Nakajima, 1988) são necessários cinco anos para se sentir os benefícios da filosofia TPM, sendo que, para funcionar sem problemas, as seguintes etapas têm que ser cumpridas:

- ✓ **Preparação** - inclui o apoio da gestão de topo, estabelecimento de políticas chave e definição de objectivos a atingir.

- ✓ **Execução** - inclui o desenvolvimento de um programa autónomo de manutenção e a realização de formação para os funcionários.
- ✓ **Estabilização** - aperfeiçoa as atividades implementadas e monitoriza os resultados de modo a melhorá-los.

Apesar de vários autores indicarem que os pilares do TPM dependem muito da estrutura e filosofia que a empresa utiliza internamente, consideram-se os oito seguintes como a referência (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

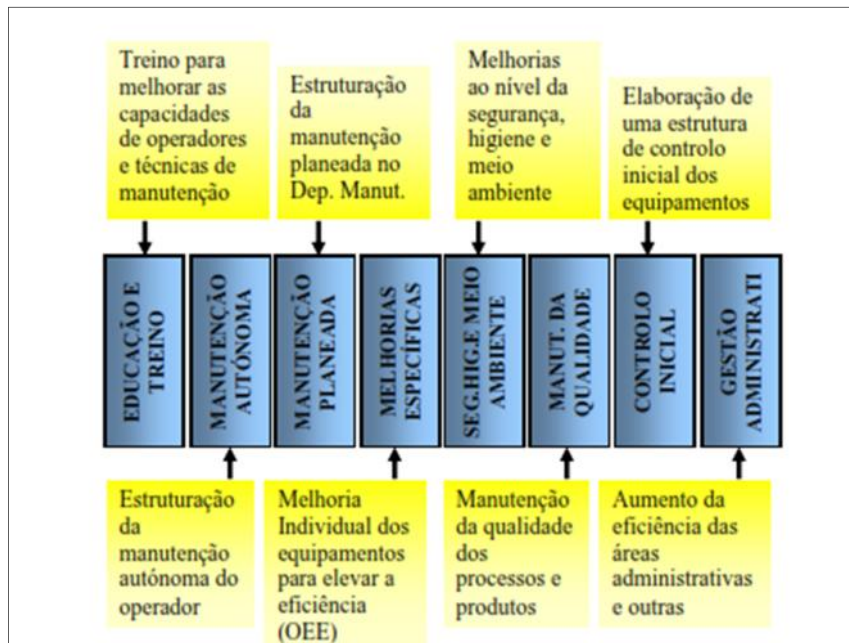


Figura 2.7 – Oito pilares do TPM (fonte: Rodrigues & Hatakeyama, 2006)

Resumidamente, os objectivos do TPM passam pelos seguintes aspectos, (Brah and Chong, 2004):

- ✓ Aumentar a eficácia global dos equipamentos;
- ✓ Melhorar o sistema de manutenção planeada existente;
- ✓ O operador é o melhor monitor da condição do equipamento;
- ✓ Providenciar formação para melhorar os níveis ou competências na área da produção e na área da manutenção;
- ✓ Envolver todos e utilizar o trabalho em equipa.

Seis grandes perdas que o TPM pretende eliminar (Tajiri & Gotoh, 1992):

Tempos mortos

1. Avarias devidas a falha do equipamento;
2. Preparação e ajustes nas mudanças de produção (*setup*);

Perdas de velocidade

3. Paragens curtas e tempos em vazio;
4. Velocidade reduzida;

Defeitos

5. Defeitos de qualidade que requerem reparação;
6. Menor rendimento dos equipamentos entre o início de produção e a produção estável (velocidade de cruzeiro).

Benefícios indirectos da filosofia TPM

- ✓ Nível de confiança elevado entre os colaboradores;
- ✓ Locais de trabalho limpos, arrumados e atractivos;
- ✓ Mudança favorável na atitude dos operadores;
- ✓ Alcançar objectivos através do trabalho em equipa;
- ✓ Expansão horizontal de um novo conceito em todas as áreas da organização;
- ✓ Partilha de conhecimento e experiência;
- ✓ Os trabalhadores ficam com um sentimento de posse relativamente aos equipamentos.

Para monitorizar a implementação, evolução e performance do TPM podem-se seguir diversas metodologias (Brah & Chong, 2004; Wang, 2006; Jeon et al, 2011; Konecki and Thun, 2011), sendo a mais aceite e utilizada a avaliação quantitativa do “Overall Equipment Effectiveness” (OEE).

OEE é resultado da disponibilidade, desempenho/performance e qualidade do equipamento (Coelho, 2008).

- ✓ Grau de Disponibilidade (derivado das perdas por paragens);
- ✓ Grau de Performance (derivado das perdas de velocidade);
- ✓ Grau de Qualidade (derivado das perdas de qualidade).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Em que:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{(\text{Tempo Total de Produção} - \text{Tempo de Paragens})}{\text{Tempo Total de Produção}}$$

Ou,

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo Total de Produção}}$$

$$\text{Performance} = \frac{\text{Taxa de Produção Real}}{\text{Taxa de Produção Ideal}}$$

Sendo a Taxa de Produção Real o nº de unidades produzidas no tempo de operação e a Taxa de Produção Ideal o nº de unidades teoricamente possíveis de produzir no mesmo tempo de operação.

$$\text{Qualidade} = \frac{(\text{Produção Total} - \text{Produção Defeituosa})}{\text{Produção Total}}$$

De acordo com (Wang, 2006), um valor de OEE de 85% é considerado de classe mundial no sector de produção e pode-se usar como referência noutros sectores. Uma empresa que obtenha valores próximos pode-se habilitar ao prémio instituído pelo JIPM, que visa premiar as corporações que implementam de um modo mais bem sucedido a filosofia TPM. Pretendendo-se, deste modo, difundir globalmente as boas práticas de gestão.



Figura 2.8 – Distribuição da OEE nas empresas de classe mundial (fonte: empresa)

2.4.5 Trabalho padrão

Trabalho padrão é definido por (Ohno, 1997) como sendo constituído por três elementos:

- ✓ Tempo de ciclo;
- ✓ Sequência de trabalho;
- ✓ Conjunto de “materiais” padrão.

O trabalho padrão ou uniformização consiste na definição e formalização dos processos de modo a conseguir-se previsão e repetibilidade dos seus resultados. Ou seja, independentemente de quem realiza uma tarefa, esta é feita sempre do mesmo modo (Stover, 2005). O trabalho padrão deve estar suportado em papel, ou outro, e não deve ser só

entendível pelo operador mas também pelo chefe de equipa, engenharia e gestores de área (Wilson, 2010). Se as instruções de trabalho estiverem escritas existirão poucas hipóteses de posteriores justificações para falhas ocorridas.

Com a implementação do trabalho padrão (redução da variabilidade) consegue-se mais facilmente observar oportunidades de melhoria contínua numa linha de montagem através da avaliação dos seguintes tempos:

- ✓ Andar (pretende-se minimizar);
- ✓ Em espera (pretende-se minimizar).

Resumidamente, o trabalho padrão é necessário para:

- ✓ Providenciar ambiente seguro de trabalho, identificando operações perigosas e desenvolvendo métodos mais seguros;
- ✓ Manter elevada qualidade;
- ✓ Identificar potenciais problemas e desperdício (*muda*) nos processo;
- ✓ Providenciar uma ferramenta de gestão ao nível do *shop floor*;
- ✓ Obter ganhos imediatos;
- ✓ Atingir elevada utilização da mão de obra e equipamento;
- ✓ Permitir melhoria contínua: o processo padrão deve ser estável; a estabilidade permitirá o progresso criativo da melhoria contínua;
- ✓ Se um processo não for padrão (é arriscado e caótico), a sua melhoria é apenas outra forma de aumentar o caos.

Pilares do trabalho padrão



Figura 2.9 – Pilares do trabalho padrão (fonte: empresa)

Qualidade – Segurança - Ambiente

Os padrões de qualidade baseiam-se nas expectativas dos clientes, tais como ajustes, acabamentos, necessidades estáticas, etc.

A segurança, assim como os padrões ambientais são fornecidos aos empregados através de leis e/ou normas, que desenvolverão os métodos de trabalho padrão.

Especificações padrão

Fornecer as informações técnicas para operar um equipamento e a precisão de fabricação de um produto.

Processos padrão

Desenvolvidos pelo grupo industrial e usado na definição de regras operacionais (envolve trabalhos padrão em operação, regras e parâmetros *kanban*, fluxo de material; requisitos 5S, etc).

Trabalho padrão

Trabalho padrão é a adição dos três pilares anteriormente referidos (envolve gráficos de trabalho padrão, folha de combinação do trabalho padrão e folha de capacidade da produção).

Instruções para o operador

Definem os métodos de trabalho em detalhe para o desenvolvimento do conhecimento e da capacidade do operador. Devem incluir os seguintes elementos:

- ✓ *Specific* (específico) – Concreto;
- ✓ *Measurable* (mensurável) – Numérico ou descritivo (quantidade, qualidade, custo);
- ✓ *Achievable* (alcançável) - Devidamente limitado ao âmbito;
- ✓ *Realistic* (relevante) – Medição dos “*outputs*” ou resultados relevantes;
- ✓ *Time scaled* (prazo) – Identificação dos prazos e marcos.

2.4.6 Gestão visual

Uma das características que nos define como espécie é o facto de a interpretação que fazemos do mundo é visual. É através da visão que recebemos a maior quantidade de informação (Pinto, 2009). Muitas empresas recorrem à gestão visual para tornar os processos mais simples, menos dependentes de sistemas informáticos e procedimentos formais.

A gestão visual tem origem no Sistema *Toyota* de produção: o *Sistema Andon*. O termo *andon* deriva da palavra japonesa “lanterna de papel” (Li & Blumenfeld, 2006). A função do *andon* é, entre outras, ser capaz de mostrar o *status* da produção a toda a organização, através do

sistema de gestão visual, informando que um problema existe e que é necessário resolvê-lo num tempo de resposta imediato, (Kamada, 2009).

É uma forma de gestão à vista das ocorrências e resultados do local de trabalho, apresentando-se na forma de quadros, sinalizadores sonoros ou visuais.

De acordo com (Inman & Blumenfeld, 2010), o empregado é estimulado a parar a linha quando é confrontado com um problema:

- ✓ seja um defeito;
- ✓ um material danificado;
- ✓ falta de material;
- ✓ dispositivo ou máquina que causa atrasos;
- ✓ a ausência de um funcionário;
- ✓ ou um *setup* prolongado.

que não consegue resolver dentro do tempo de ciclo que está atribuído à sua tarefa (Kamada, 2009). Ao accionar o *andon*, inicia o ciclo de ajuda no *genba*, começando no líder da área, passando pelo supervisor, lideranças intermédias, diretores, chegando no limite a um grupo multi-funcional composto de responsáveis de várias áreas de apoio.

A razão para este comportamento aparente contraditório ao objectivo pretendido, (efectuar montagens o mais rapidamente possível), revela-se vantajoso quando todos os aspectos relevantes são considerados na avaliação final (Li, & Blumenfeld, 2006).

Por que utilizar o *andon*?

- ✓ Reduzir custos no sistema produtivo;
- ✓ Eliminar desperdícios;
- ✓ Estabilizar o processo;
- ✓ Melhorar a efectividade da mão-de-obra;
- ✓ Maximizar o retorno sobre as vendas;
- ✓ Fabricar produtos com qualidade;
- ✓ Identificar e solucionar problemas rapidamente;
- ✓ Trabalhar com entregas previsíveis;
- ✓ Minimizar o investimento;
- ✓ Eliminar interrupções no fluxo de informações – melhor gestão visual.

A gestão visual de um modo mais amplo pode surgir também em outras formas, tais como cartões *kanban*, caixa *heijuka*, sombras das ferramentas num quadro, marcas pintadas no chão, LED's, farda de cor diferente, etc (Parry & Turner, 2006).

Com um sistema de gestão visual consegue-se também identificar onde os processos não seguem o fluxo pretendido. O local onde se acumulam mais produtos sem processamento é a zona onde os gestores têm que concentrar a sua atenção. É a melhor pista para identificar problemas que necessitam de resolução imediata.

2.4.7 Poka Yoke

Poka-yoke é um termo japonês que significa “sistema à prova de erros” (*Poka* significa erro inadvertido e *Yoke* pode ser traduzido como evitar), e tem a sua origem nas experiências da *Toyota Motors Company*, que visavam obter zero defeitos na produção e eliminar as inspeções de qualidade (Grout & Toussaint, 2010).

Assim, para se prevenirem erros, existe a necessidade de colocar um mecanismo que alerte o operador para o potencial erro.

Ainda que os sistemas *poka-yoke* sejam utilizados para prevenir erros em qualquer processo, eles são normalmente direccionados para tarefas repetitivas, onde o potencial de falha humana é bastante superior (Scyoc, 2008). (Grout & Toussaint, 2010) defendem que o *poka-yoke* é uma técnica de prevenção de erros não apenas pela colocação de sistemas de alerta para problemas mas, também, pela criação de produtos com *design* anti-erro. Um exemplo de um *design* anti-erro, já em vias de se tornar obsoleto, mas bastante representativo deste conceito, é a disquete. O canto superior direito da disquete possui um *design* diferente dos restantes cantos. O objectivo deste *design poka-yoke* é garantir que qualquer utilizador, mesmo que sem conhecimento, não introduza a disquete na *drive* de modo errado.

É possível identificar dois tipos de erros, os que podem ser prevenidos e os que podem ser detectados (Apreutisei et al, 2010):

- ✓ Método de Controlo: Sempre que ocorre uma anomalia, a máquina pára ou, simplesmente, desliga-se, permitindo a intervenção humana. Previne, assim, a ocorrência de erros em cadeia. Através deste método é possível atingir o conceito de zero defeitos, sempre presente no pensamento *lean*.
- ✓ Método de Detecção (alerta): Sempre que ocorre uma anomalia, é emitido um alarme sonoro ou de luz, para alertar o operador. Com este método, os defeitos continuarão a

ocorrer até que o operador intervenha, pelo que é considerado um método menos poderoso na diminuição de produtos defeituosos.

Contudo, a aplicação de *poka-yoke* não se restringe unicamente à área produtiva e de manufactura, podendo ser aplicado na melhoria de produtos, serviços e processos em todos os tipos de organizações (Chiarini, 2011). As técnicas e ou ferramentas a serem usadas no projecto de *poka-yokes* estão unicamente limitadas pela imaginação dos colaboradores (Apreutisei et al, 2010).

2.4.8 SMED

Com a introdução dos sistemas JIT as empresas concentram-se em produzir pequenos lotes e na redução de *stocks*, deste modo incentivam fortemente a redução dos *setups* de máquinas, acreditando que é economicamente compensatório proceder deste modo, viabilizando assim também a produção puxada (Sugai et al, 2007).

O princípio de análise e redução dos tempos de *setup* ficou conhecido por *Single Minute Exchange of Dies* – SMED (mudança de moldes em um minuto) e foi apresentado por Shigeo Shingo, após trabalho desenvolvido na *Toyota Motor Company*, em 1983 (edição japonesa), tendo posteriormente sido editado em inglês em 1985.

O sistema SMED é uma teoria e um conjunto de técnicas que tornam possível mudar o *setup* de um equipamento, tendo em conta todas as operações de mudança em menos de 10 minutos. Ainda que o nome da técnica sugira *Single Minute Exchange*, tal não tem necessariamente de se verificar, pois o limite máximo de referência serão os referidos 10 minutos. Este sistema melhora o processo de mudança de *setups* e possibilita a redução do tempo de *setup* em mais de 90% (Cakmakci & Karasu, 2008).

Fazendo uso do estudo feito por Shingo (1995), (Cakmakci & Karasu, 2008), afirmam que em grande parte das indústrias os tempos despendidos em paragens para *changeovers* são bastante elevados, motivados pelas operações de preparação ou ajuste realizadas, antes e depois do processamento de um lote. Deste modo Shingo (1995) divide a operação de *setup* em duas categorias:

Setup Interno: operação de *setup* (montagem ou desmontagem de ferramentas) que apenas pode ser efectuada com a máquina parada;

Setup Externo: operação de *setup* que pode ser realizada com a máquina em funcionamento (por exemplo, o transporte de ferramentas para junto da máquina, e desta para o armazenamento).

Para além desta divisão e caracterização das operações de *setup*, o trabalho de Shingo (1995) na indústria automóvel permitiu estabelecer uma sequência básica e eficaz para quaisquer tipos de *changeover*:

Na obra de (Reis & Alves, 2010) é possível encontrar quatro estágios constituintes do sistema SMED para a redução do tempo de *setup*, nomeadamente:

Estágio 0 - As condições de *setup* interno e externo são confundidas; o que poderia ser realizado externamente é realizado internamente e, por isto, as máquinas ficam paradas por longos períodos.

Estágio 1 - Separar *setup* interno de *setup* externo – todo o processo de mudança de ferramenta deve estar devidamente dividido em operações de *setup* interno e operações de *setup* externo. Em grande parte das empresas não existe a distinção entre estes dois tipos de *setup*, pelo que é comum verificar a ocorrência de operações de *setup* externo a serem realizadas com a máquina parada. Esta fase permite reduzir o tempo de *setup* entre 30% a 50%, utilizando para tal *checklists*, verificadores de função e transporte melhorado de ferramentas, moldes, peças, entre outros.

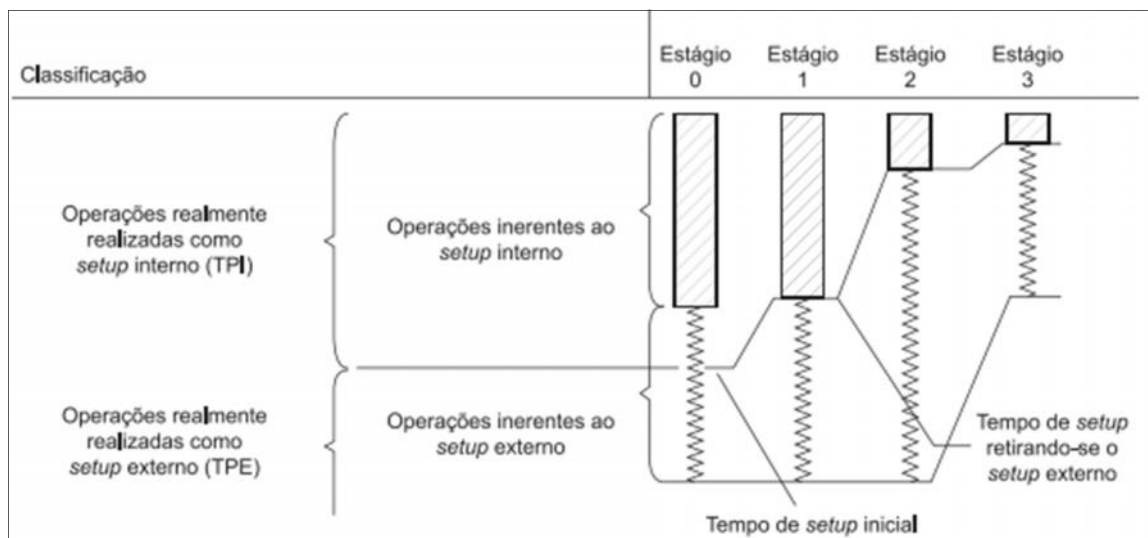


Figura 2.10 – Pilares do trabalho padrão (fonte: Reis & Alves, 2010)

Estágio 2 - Converter *setup* interno em *setup* externo – no sentido de se atingir o tempo de *setup* < 10 minutos, o sistema SMED introduz o conceito de transformação de operações de *setup* interno em *setup* externo, para que o tempo que a máquina está parada (*downtime*) seja reduzido ao mínimo possível.

Estágio 3 - Racionalização de todas as operações de *setup* – nesta fase devem ser estudadas todas as operações utilizadas durante o *setup* (interno ou externo) com vista à sua simplificação, para que o custo inerente seja o mínimo possível. O custo será tanto menor quanto menor for o tempo de *setup*. Shingo tinha como objectivo o OTED (*One-Touch Exchange of Die*), ou seja, reduzir toda a operação de *setup* a processos simples, de um só passo, ou toque. A simplificação das operações de *setups* possibilita que qualquer operador esteja habilitado a realizá-las, diminuindo também a probabilidade de erros durante a mesma.

De acordo com (Moreira & Pais, 2011), baseando-se no estudo de Shingo em 1985, consegue-se com a implementação deste sistema os seguintes benefícios:

- ✓ Redução do tempo de *setup*;
- ✓ Redução do tamanho dos lotes de produção;
- ✓ Redução de *stocks*;
- ✓ Aumento da flexibilidade, permitindo produção de vários tipos de produtos;
- ✓ Redução de tempos de ciclo;
- ✓ Melhoria da qualidade dos produtos e menos erros cometidos nos *setups*;
- ✓ Redução dos desperdícios;
- ✓ Aumento da produtividade.

Aos quais ainda se pode juntar:

- ✓ Aumento do índice de utilização das máquinas;
- ✓ Aumento da segurança;
- ✓ Maior liberdade operacional dos trabalhadores.

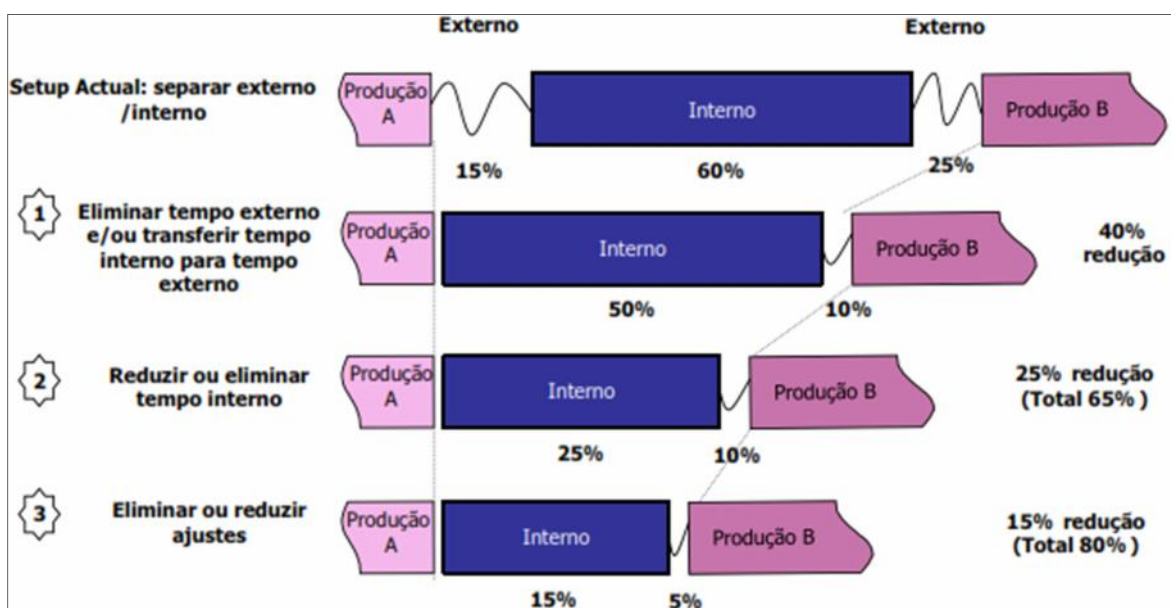


Figura 2.11 – Redução de tempos com implementação de SMED (fonte: empresa)

2.4.9 Takt Time

Embora não exista um consenso entre os vários autores no que diz respeito à definição de *takt time*, (Alvarez & Antunes, 2001), apresentam aquela que poderá ser considerada a mais correcta: “*takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível da procura, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula.” O termo *takt* deriva de uma palavra alemã que significa compasso, ou seja o ritmo estabelecido pela batuta que o maestro conduz a sua orquestra.

Concretamente, o *takt time* é o ritmo de produção que deve existir para satisfazer uma determinada procura (Alvarez & Antunes, 2001).

Deste modo, a aplicação desta ferramenta permitirá definir o ritmo de produção, estudar as limitações ou estrangimentos que podem inviabilizar este tempo e identificar melhorias na cadeia de produção. Mais que uma ferramenta, o *takt time* é um parâmetro que permite auxiliar outras, nomeadamente, o VSM.

O *takt time* é calculado de acordo com a seguinte expressão (Slomp et al, 2009):

$$\mathbf{Takt\ Time} = \frac{\mathbf{Tempo\ disponível}}{\mathbf{Procura\ no\ tempo\ disponível}}$$

Para se determinar o tempo disponível (numerador da equação), deverão ser subtraídas todas as paragens programadas, tais como: pausas para descanso, acções de manutenção etc.

Para enquadrar o *takt time* é também importante identificar o seguinte conceito:

Tempo de ciclo - corresponde ao tempo para a execução de uma peça, ou seja, é o tempo decorrido entre o início e o fim de uma actividade num processo de produção, sendo definido pela operação mais demorada na sequência de fabrico.

Assim sendo, o tempo de ciclo de uma sequência não pode ser em momento algum superior ao *takt time* para que não haja atrasos nas entregas, nem muito inferior, para que não haja desperdícios no processo. A vantagem em trabalhar com este dado é poder balancear todo o processo de produção pelo *takt time*, permitindo, simultaneamente, a uma qualquer empresa satisfazer a procura e garantir uma adequada taxa de ocupação dos seus recursos.

Ser uma empresa *lean* não significa fazer as coisas rápido, mas sim fazê-las ao ritmo certo (Eswaramoorthi et al, 2011).

2.5 *Leanness* - níveis de implementação e métricas

De acordo com (Bayou & de Korvin, 2008) a medida de desempenho da implementação da filosofia *lean* numa organização é definida pela palavra *leanness*.

Leanness é um parâmetro de avaliação que resulta da combinação dos seguintes factores: menor utilização de *inputs* no processo, inclui quantidade e custo de recursos afectos a determinado processo, e melhores *outputs*, nomeadamente satisfação dos objectivos da empresa e respectivos clientes.

Existem diversas publicações, e diferentes perspectivas sobre a temática de como avaliar a implementação da filosofia *lean*, tais como (Green & May, 2005), (Shah & Ward, 2007) e (Vinodh & Chintha, 2011);

De seguida apresenta-se um guia genérico, com níveis crescentes, de acordo com a sugestão de (Wilson, 2010), uma vez que se afigura mais abrangente e conciliador comparando com os demais.

Nenhuma organização estará de um modo estanque e conservador em cada um destes níveis (potencialmente alguns deles coexistem sobrepostos), mas é uma visão adequada e exemplificativa das diversas etapas a percorrer para se obter o maior retorno possível desta filosofia. Os níveis iniciam-se no estágio preparatório e progridem até ao nível 5, sendo este o mais elevado e no qual a medida de desempenho *leanness* obtém melhores resultados.

Nível 1

O processo implementado na empresa possui organização documental e meios para avaliar a qualidade do produto fornecido.

Algumas das ferramentas e métodos *lean* estão, inicialmente, a ser considerados para a concepção do projecto a implementar.

As entregas de produto ao cliente final estão a processar-se ao ritmo acordado.

Nível 2

O processo de nível 2 inclui todas as características do nível anterior, e, adicionalmente, inclui um processo com fluxo de acordo com a documentação referida no nível anterior.

Algumas ferramentas *lean* são incorporadas no processo, nomeadamente 5S, *jidoka*, *takt time*, *kanban* numa fase inicial, linhas balanceadas, 5 porquês, trabalho padrão e *kaizen*.

Processos chave e variáveis do processo são monitorizadas, incluindo taxa de produção, erros estratificados, disponibilidade de equipamento, etc.

Nível 3

O processo de nível 3 inclui todas as características do nível anterior e, adicionalmente, inclui um processo de melhoria contínua implementado.

Mais ferramentas *lean* são introduzidas no processo, nomeadamente SMED, lotes mínimos, *kanbans* e *poka yoke*.

O uso generalizado de indicadores de qualidade estão em fase de maturidade, sendo eles próprios geradores de mudança nos processos produtivos.

Nível 4

O processo de nível 4 inclui todas as características do nível anterior e, adicionalmente, inclui um controlo mais efectivo dos *stocks* existentes em armazém, sendo idealmente mais reduzidos.

Uso generalizado de ferramentas *lean* no seu máximo potencial, nomeadamente uso de *kanbans* para controlar todo o fluxo produtivo, uso de SMED de modo a permitir uma redução significativa da dimensão dos lotes, inventário optimizado, maior automação nos processos, utilização de JIT, não só na gestão de produtos e materiais, mas também na manutenção de equipamentos e na resolução de problemas (*problem solving*).

Neste nível é também habitual definir-se um novo VSM, de modo a mais claramente se vislumbrar qual o estado futuro da organização. Ponderando uma alteração de *layout*, re-análise do fluxo produtivo, re-avaliação do número de colaboradores afectos a cada tarefa e respectivo balanceamento de linhas.

Nível 5

O processo de nível 5 inclui todas as características do nível anterior, e adicionalmente inclui a utilização de todas as ferramentas *lean* no seu máximo de potencial.

Tarefas de valor acrescentado são optimizadas, e o seu tempo de ciclo minimizado. Os fornecedores e também o cliente final são incluídos no processo de melhoria contínua da empresa. Por necessidade, a implementação da filosofia não se restringe unicamente às instalações e processos da empresa, indo também tentar influenciar as outras organizações com as quais interage.

De um ponto de vista mais prático e replicável a diversos tipos de empresas, a obra de (Pinto, 2009) identifica algumas das métricas de desempenho que podem ser utilizados a nível operacional para avaliar a implementação da filosofia *lean*.

Eficiência – Avalia a capacidade de um sistema em alcançar objectivos.

Disponibilidade – Mede a relação entre o tempo útil e o tempo disponível.

Ocupação – Mede a relação entre a carga e a capacidade.

OEE – Apresentado no subcapítulo 2.4.4.

Lead time – tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço, composto pelo tempo útil e por tempo não produtivo.

Tempo de ciclo – corresponde ao tempo entre peças (ou clientes) sucessivas e é definida pela estação (ou operação) mais lenta ou crítica.

Takt time - Apresentado no subcapítulo 2.4.9.

Rotação de stocks – mede o número de vezes que o *stock* é renovado num dado período de tempo. O objectivo é minimizar o capital investido em inventário.

First time through – representa a percentagem de unidades completas, e com qualidade, que um processo produz bem á primeira.

Velocidade – é uma medida do dinamismo dos materiais (ou capitais) dentro da cadeia de fornecimento. Em todas as fases, o tempo de permanência dos materiais deve limitar-se ao tempo de operação (a acrescentar valor).

Além do nível operacional outras métricas podem ser usadas, nomeadamente as que se referem a um dos fundamentos desta filosofia, que são as pessoas. O sucesso de qualquer processo de mudança e conseqüente consolidação e crescimento tem que ser suportado por colaboradores proactivos, autónomos, criativos e muito curiosos, só para citar algumas das características mais relevantes. Monitorizar o seu estado de espírito é bastante relevante, como enfatizou (Abdel-Maksoud et al, 2010), aquando da sua análise acerca da implementação de medidas de gestão inovadoras em empresas.

2.6 Produtividade e competitividade

O conceito de produtividade

Actualmente não há quem questione a importância da produtividade. Na realidade nenhum indicador económico em termos individuais é mais relevante e desempenha um papel mais central, na medida em que o aumento da produtividade apresenta-se como o recurso principal que permite melhorar a qualidade de vida das sociedades.

Só os ganhos permanentes de produtividade permitirão às empresas concorrerem de forma sustentável numa economia integrada e tão dinâmica como a que hoje se assiste.

A noção de produtividade, de acordo com (OECD, 2010) está associada à relação existente entre os *inputs* (trabalho, capital e bens intermédios tais como a energia) utilizados no

processo de produção e o *output* (bens e serviços) correspondente. O conceito de produtividade traduz no fundo esta relação por intermédio de um rácio que por sua vez se pode referir à economia nacional, a um sector ou a uma empresa em particular. Ou seja, a produtividade traduz então a relação existente entre os bens e serviços produzidos, e os factores empregues na sua produção, sendo que o seu cálculo é efectuado através do rácio *output / input*.

O conceito de produtividade representa uma medida do sucesso económico alcançado, daí que este rácio é importante para que se possa avaliar a condição da economia em geral, de um sector de actividade ou de uma empresa em particular.

O conceito de competitividade

Para começar, não existe uma definição única de competitividade, pois esta depende do contexto em análise. Assim, pode-se falar em competitividade: entre países, sectores produtivos ou empresas; a curto, médio ou longo prazo, etc.

No contexto mais específico de uma empresa, que é aquele que mais interessa para este trabalho, a competitividade depende de uma hierarquia complexa de factores, e, está directamente relacionada com o seu desempenho.

A avaliação desse desempenho, na sua forma tradicional, tinha como base a análise da rentabilidade e da análise financeira, que se revelaram insuficientes, e que consequentemente originaram vários estudos que sugerem uma quantificação do desempenho através de um modelo que contempla diversos factores.

Um dos factores que Ghalayini (1997) refere, é a necessidade de uma empresa ser cada vez mais flexível no seu processo produtivo, para dispor de uma oferta de produtos mais diversificada e diferenciada. No entanto, não existe consenso, na definição dos factores que se devem incluir ou relacionar para obter um bom desempenho. Qualquer organização tem de escolher qual deles a perseguir para atingir uma vantagem competitiva (Porter, 1998). De acordo com Menezes (1996) a empresa deve ter a capacidade de controlar e influenciar as forças competitivas (novas entradas, produtos substituídos, poder dos fornecedores, poder dos clientes, rivalidades entre concorrentes) a seu favor, por forma a que os seus produtos sejam sustentadamente pretendidos nos mercados.

(Pereira, 2005) sintetiza na figura 2.12, o modelo relacional dos factores que influenciam a competitividade empresarial:

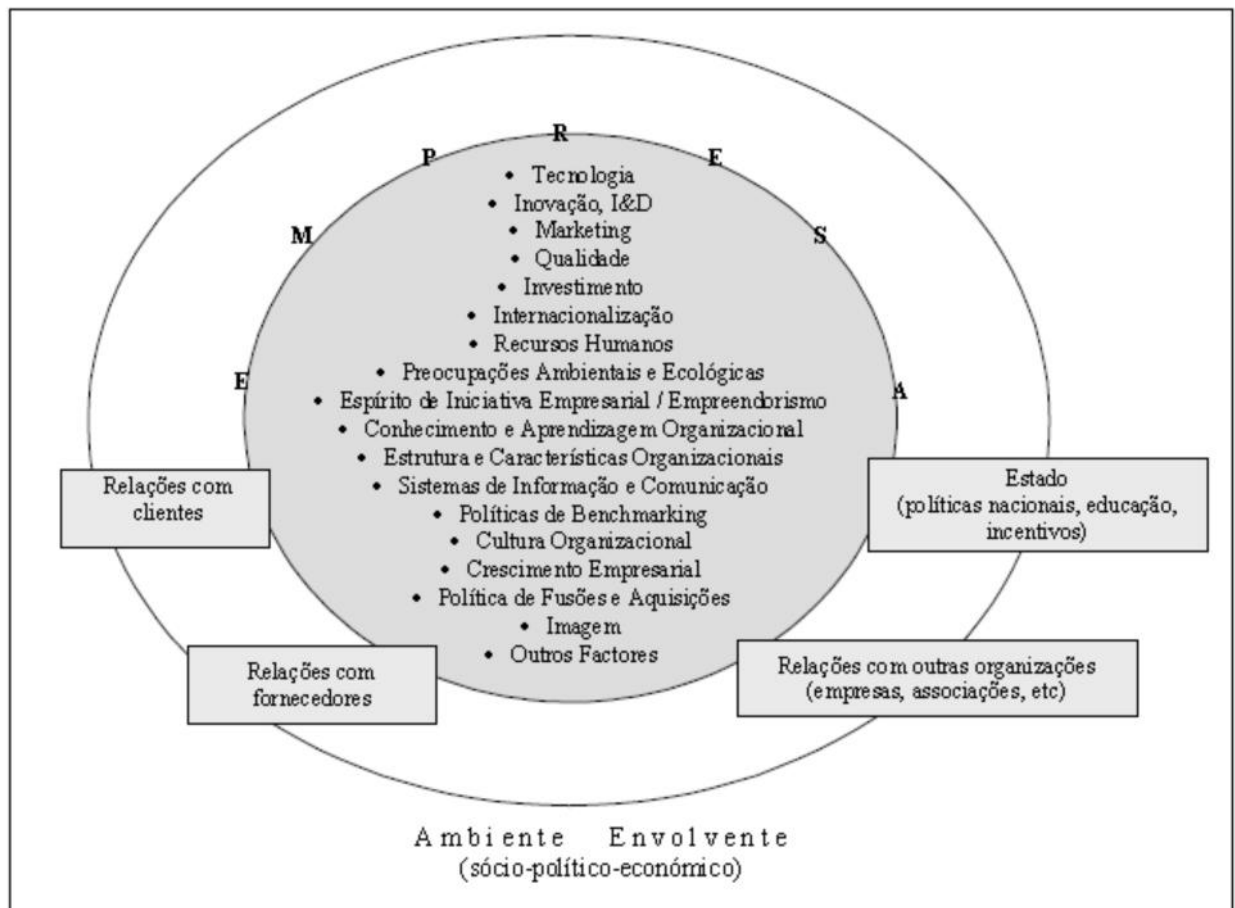


Figura 2.12 – Modelo relacional dos factores que influenciam a competitividade empresarial (fonte: Pereira, 2005)

Estes factores representam a vantagem competitiva existente de uma empresa, mas também revelam o potencial de desenvolvimento futuro. A importância de cada um destes factores, para o aumento da vantagem competitiva, depende da actividade e do meio envolvente da empresa.

Relação entre produtividade e competitividade

Assim, o crescimento sustentado da produtividade, que, por seu turno, conduz ao aumento da competitividade, exige que as empresas alcancem níveis crescentes de competências, de tecnologia, de inovação, de investimento. Ou seja, se os bons resultados das empresas no mercado estão associados à produtividade, enquanto relação entre *inputs* e *outputs*, a obtenção ou manutenção da competitividade empresarial deve implicar a reorganização eficiente dos recursos organizacionais e a melhoria da gestão das capacidades produtivas em todas as dimensões. O que se apresenta tanto mais relevante quanto a produtividade parece não depender tanto das indústrias em que um país compete, mas mais da forma como competem as empresas nessas mesmas indústrias.

A expansão da produtividade implica que as empresas estabeleçam uma boa relação com a sua envolvente e concebam e implementem estratégias concorrenciais adequadas, otimizando os recursos materiais, humanos e financeiros, em parte, pela sua aplicação em segmentos de mercado cada vez mais sofisticados e, também, através da entrada em outras indústrias/sectores de actividade económica e em novos mercados.

A inovação, o investimento e o empreendedorismo apresentam-se como factores relevantes para garantirem vantagens competitivas num ambiente cada vez mais concorrencial, mesmo face aos concorrentes que baseiam a sua competitividade em economias de escala.

Os factores de competitividade tradicionais (custo de salários, recursos naturais, barreiras e vantagens conjunturais criadas por instrumentos de política nacional) esbatem-se a uma velocidade acelerada perante uma economia baseada na integração económica e monetária, liberalização de mercados e limitações no âmbito das políticas nacionais. As baixas taxas de inflação e de juro, a diminuição de custos associadas às novas tecnologias, à era da informação, nomeadamente da *internet*, intensificam a competição à escala global e contribuem para o aumento da produtividade e, tal como a revolução industrial de há um século atrás, para a prosperidade.

3 – METODOLOGIA

3.1 Pesquisa científica

A pesquisa científica tem como grande motivação a procura contínua do conhecimento. Pode ser definida como a exploração, a inquirição e o procedimento sistemático e intensivo que tem por objetivo descobrir, explicar e compreender os factos que estão inseridos ou que compõem certa realidade. Ou por outras palavras, reunir informações necessárias para encontrar resposta para uma pergunta e assim chegar à solução de um problema.

A realização de uma pesquisa científica requer, antes de qualquer passo, a identificação do problema, o domínio de alguns conceitos chave, para que se chegue ao tipo de método mais adequado para a consecução dos objectivos (Menezes, 2009).

O investigador deve usar uma metodologia de investigação que reduza ao mínimo os erros e que além disso assegure sua fiabilidade, validade e generalidade.

Os métodos de pesquisa podem ser classificados em quantitativos (também chamados tradicionais) e qualitativos.

Os métodos de investigação quantitativos surgiram do processo científico da relação causa-efeito para estabelecer generalizações aplicáveis a diversas situações. Assim sendo, o investigador exerce um esforço para limitar a sua função de interpretação pessoal, desde que se inicia o desenho da investigação até que se analisam estatisticamente os dados.

Na investigação quantitativa as perguntas procuram a relação entre um pequeno número de variáveis. O esforço vai para a operacionalização dessas variáveis e para reduzir ao mínimo o efeito da interpretação, até que os dados estejam analisados. Aqui é importante que a interpretação não mude o rumo da investigação (Meirinhos & Osório, 2010).

Por outro lado, os modelos qualitativos sugerem que o investigador esteja no trabalho de campo, faça observação, emita juízos de valor e que analise. Na investigação qualitativa é essencial que a capacidade interpretativa do investigador nunca perca o contacto com o desenvolvimento do acontecimento. Outro aspecto característico (Stake, 1995) da investigação qualitativa é que direcciona os aspectos da investigação para casos ou fenómenos em que as condições contextuais não se conhecem ou não se controlam.

Do ponto de vista da investigação qualitativa procura-se a compreensão das complexas inter-relações que acontecem na vida real. De acordo com (Stake, 1995), a realidade não pode ser descoberta, mas sim interpretada e construída.

Desta forma, a investigação quantitativa procura a lógica da descoberta e a investigação qualitativa a lógica da construção do conhecimento (Meirinhos & Osório, 2010).

Existem também autores, como por exemplo (Yin, 2005) que salienta a relevância de utilizar, em alguns métodos de investigação, simultaneamente dados qualitativos e quantitativos. A utilização de dados qualitativos e quantitativos, na mesma investigação, vai no sentido de olhar para estas metodologias como complementares e não como opostas ou rivais.

3.2 O estudo de caso como estratégia de investigação

Estudo de caso é uma investigação empírica que estuda um fenómeno contemporâneo dentro do seu contexto real, quando as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não são claramente evidentes, utilizando múltiplas fontes de prova (informação) (Yin, 1994). Portanto, e em geral, o estudo de caso é para Yin a melhor metodologia de investigação quando se pretende dar resposta a perguntas do tipo “como” e “porquê”, quando o investigador tem pouco ou nenhum controlo sobre os acontecimentos e quando o foco é para um fenómeno que dentro do seu próprio contexto seja contemporâneo e não passado.

De acordo com (Nevado, 1999), o termo estudo de caso pode ser usado na gestão, com obrigações de rigor científico obviamente diferentes, de três maneiras distintas:

- ✓ Como instrumento pedagógico de aprendizagem;
- ✓ Como forma de desenvolver um quadro de trabalho com base em provas e informações recolhidas;
- ✓ Como metodologia de investigação (Eisenhardt, 1989).

Ao contrário do que por vezes se pensa ou escreve, o estudo de caso não se baseia apenas em dados qualitativos. Aliás o estudo de caso não implica o uso de um tipo particular de dados, podendo ser feito com informação qualitativa ou quantitativa (Yin, 1981).

Em áreas onde ainda existe pouco conhecimento ou mesmo desconhecimento o estudo de casos como metodologia é bastante prometedora como construtora de teoria pois lida com uma capacidade ímpar de explicação profunda sem a qual não é possível fazer boas previsões. Em áreas onde o conhecimento existente já é importante a capacidade de gerar teoria é menor, assumindo, então, maior relevância a própria capacidade de desafiar e testar a teoria já

existente. No entanto quer numa quer noutra situação a metodologia do estudo de casos tem sempre implícita uma grande capacidade de nos surpreender (Nevado, 1999).

A essência do estudo de caso é tentar esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões. O motivo porque foram tomadas, como foram implementadas e com que resultados. O estudo de caso não é nem uma tática para a colecta de dados nem meramente uma característica de planeamento em si, mas uma estratégia de pesquisa abrangente (Grassi, 2008)

3.2.1 Projectando estudos de caso

Para projectar um estudo de caso é necessário um plano ou um projecto de pesquisa. Um projecto de pesquisa é um plano de acção em que se define a condição inicial e também como se pretende chegar à fase final. É como um esquema que trata de quatro problemas principais (Grassi, 2008):

- ✓ Quais as questões a estudar;
- ✓ Quais os dados relevantes;
- ✓ Quais os dados a obter;
- ✓ Como analisar os resultados.

Os seguintes critérios, de acordo com (Yin, 1994) são utilizados para avaliar a qualidade dos projectos de pesquisa:

Validade do constructo - estabelecer medidas operacionais correctas para os conceitos que estão sob estudo. Relativamente ao termo "constructo" ou "constructos", ele é utilizado por Nevado (1999), no sentido de hipóteses-base de trabalho, conjunto de ideias ou pontos de amarração inicial, cuja validação empírica vai permitir a "construção" do modelo, conceptual ou funcional consoante se trata de uma investigação teórica ou empírica, que corresponderá ao funcionamento real do fenómeno analisado. Ao conjunto dos constructos e ideias, corresponderão as fundações ou alicerces da própria investigação e da "construção" da teoria em curso.

Existem dois tipos de "constructos". Em primeiro lugar, aqueles que emanam da dedução teórica e que se constituem como asserções teóricas. Em segundo lugar, os que resultam das evidências empíricas. Para estes últimos, de forma a poderem ser validados, deve-se socorrer ao uso sistemático de múltiplas fontes de evidência e também ao estabelecimento de cadeias de evidência (Yin, 1994).

Validade interna - estabelecer uma relação causal, por meio da qual são mostradas certas condições que levem a outras condições diferenciadas. Segundo Nevado (1999), uma confusão que deve ser esclarecida é a que diz respeito à desconfiança gerada pelo facto do “estudo de caso” poder influenciar o investigador e portanto, ele próprio, influenciar os resultados da investigação.

Relativamente a este ponto de vista, Nevado (1999) é peremptório quando afirma que na metodologia do estudo de caso o investigador ao assumir que faz parte do contexto desloca as suas atenções não para a neutralidade em que não acredita, mas para as diferentes formas de minimizar os riscos de enviesamento e subjectividade associados à impossibilidade de neutralidade.

Validade externa - estabelecer o domínio ao qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas. A validação externa parece constituir uma das grandes barreiras que se põem ao estudo de caso, na medida em que se trata de saber se as conclusões reportadas podem ou devem ser generalizáveis. Contudo vários autores asseguram que tal argumento pode ser contraposto pelo seguinte:

Mintzberg (1979): - “que mal existe em amostras de um?; Porque devem os investigadores pedir desculpa por isso!?!; Deve Piaget pedir desculpa por estudar o seu próprio filho?; Deve um físico pedir desculpa por fazer a cisão dum só átomo?”.

(Hamel et al, 1993) chegam mesmo a afirmar que todas as teorias são inicialmente baseadas num caso particular ou num objecto.

(Yin, 1994) a generalização não deve ser automática devendo mesmo ser testada através de replicações.

Fiabilidade – demonstrar que as operações de um estudo, como os procedimentos de colecta de dados, podem ser repetidas apresentando os mesmos resultados.

Uma dúvida legítima que se coloca é a de saber como será possível a um investigador realizar um “estudo de caso” igual a um outro já realizado se não existem procedimentos de investigação definidos à priori (Nevado, 1999).

Se por um lado esta flexibilidade é perfeitamente justificável, já que se está a trabalhar com realidades, contemporâneas, complexas e dinâmicas, muitas vezes “escondidas” (Nevado,

1999), por outro, pela pertinência das questões, recomenda-se o estabelecimento de um “protocolo” (Yin, 1994).

Ainda de acordo com Nevado (1999), o “protocolo” do caso é um documento onde se encontram detalhadamente inscritos os passos a dar para atingir os objectivos do estudo.

Nestas condições, os procedimentos que vão sendo utilizados para a validação dos “constructos” vão dando origem a documentos e estes a cadeias de informação, que o investigador deve guardar, classificar e manter à disposição de terceiros.

Testes	Táticas do «Estudo de Caso»	Fase em que devem ocorrer as «Táticas»
Validação dos «Constructos»	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de múltiplas fontes de evidência • Estabelecimento de cadeias de evidências • Existência de «Informantes-Chave» 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha de dados • Recolha de dados • Redacção
Validação Interna	<ul style="list-style-type: none"> • Confrontação e aderência do modelo • Construção sustentada das explicações • Utilização de séries cronológicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados • Análise de dados • Análise de dados
Validação Externa	<ul style="list-style-type: none"> • Replicação dos «casos» 	<ul style="list-style-type: none"> • Realização da pesquisa
Fiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de «Guião» • Desenvolvimento de base de dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha de dados • Recolha de dados

Figura 3.1 – Testes de validação dos estudos de caso (fonte: Yin, 1994 - adaptado)

3.3 Adequação do método estudo de caso ao presente trabalho

Após apresentação sucinta do estudo de caso importa referir como esta técnica de pesquisa constitui uma adequada estratégia de investigação para esta dissertação, baseado em alguns dos pressupostos referido por Yin, em vários trabalhos apresentados por este, ao longo dos tempos, e tendo como referência os comentários de (Chakravorty, 2009).

Em primeiro lugar as respostas a obter não podem ser conseguidas através da utilização de simulação ou de modelos estatísticos e as questões “como” e “porquê” estão associados ao tema a investigar.

Em segundo, esta metodologia é a preferida quando um evento do mundo real é examinado. Como inúmeras empresas estão actualmente a implementar a filosofia *lean* nos seus diversos processos, esta é a metodologia natural e adequada para documentar a emergência de diferentes modelos de aplicação desta filosofia. Estes estudos da vida real são valiosos para refinar a teoria e identificar complexidades para subsequente investigação. (Chakravorty &

Hales, 2008) enfatizam a necessidade da investigação do mundo real no sentido de ajudar os gestores no processo prudente de decisões permanentes em procura da melhoria contínua.

Por último, a metodologia é indicada pois faz uso de uma variedade de evidências que vão desde a utilização de observação directa, observação participante, documentos, registos em arquivo, entrevistas e artefactos físicos.

Em resumo, o investigador deve ter em atenção os seguintes aspectos para tornar o caso de estudo exemplar (Grassi, 2008):

- ✓ Ser significativo;
- ✓ Ser completo;
- ✓ Considerar perspectivas alternativas;
- ✓ Apresentar evidências suficientes;
- ✓ Ser elaborado de uma maneira atraente.

4 – ESTUDO DE CASO

4.1 Introdução

O presente capítulo pretende apresentar resposta para a seguinte questão de investigação - **Como é que, através da implementação dos princípios da filosofia *lean* à manutenção de motores aeronáuticos, se consegue uma redução no TAT?**

e está organizado da seguinte forma:

- i. Apresentação da empresa onde se baseia o estudo;
- ii. Enquadramento do sector de negócio onde a empresa actua;
- iii. Apresentação dos motores a estudar;
- iv. Apresentação do processo de manutenção aplicado aos motores;
- v. Processo seguido aquando da implementação da filosofia *lean* na empresa;
- vi. Apresentação detalhada da aplicação de ferramentas *lean* em algumas fases do processo;
- vii. Apresentação dos resultados obtidos após implementação das oportunidades de melhoria detectadas.

Além da questão a que nos propomos responder, temos também, outros objectivos a atingir, que se encontram sintetizados no quadro abaixo, e que serão devidamente analisados e avaliados neste estudo de caso.

Objectivo principal	Objectivo secundário
TAT reduzido (de acordo com mercado)	Controlo visual do processo
Qualidade do produto	Fluxo de informação e de material em simultâneo
	Satisfação dos colaboradores

As metodologias seguidas para elaboração deste estudo são as seguintes:

- ✓ Observação directa;
- ✓ Observação participante;
- ✓ Análise de métricas da empresa;
- ✓ Questionários de avaliação da empresa.

Para efectuar o estudo de caso na empresa foi considerado adequado não referir o nome da mesma, com o intuito de minimizar a divulgação de alguns aspectos organizacionais sensíveis. Deste modo, alguma privacidade dos processos será mantida, bem como os clientes e produtos intervencionados, sendo, em sua substituição, usadas as designações “empresa”, “cliente X”, “motor A”, “motor B”, etc.

4.2 Caracterização da empresa

Empresa do sector aeronáutico, com mais de noventa anos de actividade, disponibiliza aos clientes os seguinte serviços:

- ✓ Área de Manutenção
 - Manutenção de aeronaves comerciais
 - Manutenção de aeronaves militares
 - Manutenção de motores e componentes
- ✓ Área de Aeroestruturas
 - Projecto e fabrico de estruturas aeronáuticas

Política de Qualidade

A política da qualidade é orientada para a optimização da relação qualidade/custo, fidelização dos seus clientes e fornecedores, conquista de novos mercados e melhoria contínua da eficiência e eficácia do sistema da qualidade.

Com uma cultura sustentada pela integração, motivação e reconhecimento mútuo das pessoas, sendo a formação profissional uma preocupação constante para a melhoria das competências individuais dos colaboradores e da capacidade de intervenção a nível global.

A sua visão estratégica requer a busca constante da satisfação do cliente, o retorno do investimento aos seus acionistas e da sociedade em geral e, portanto, uma maior focalização nos resultados com impacto evidente na sua produtividade e competitividade.

Certificações

Para o desenvolvimento das suas actividades a empresa é certificada por diversas organizações, nacionais e estrangeiras, das quais se destacam as seguintes:

- ✓ APCER / IQNET – Certificado de conformidade NP EN ISO 9001:2008
- ✓ EASA / INAC – CAT Empresa de manutenção de aeronaves

- ✓ EASA – AS9100 *Design Organization approval*
- ✓ FAA – FAA *Approved repair station*

O presente estudo de caso focaliza-se na área de manutenção de motores aeronáuticos, pelo que se apresenta de seguida uma breve caracterização deste sector de actividade da empresa.

Manutenção de motores

Segundo a Norma Portuguesa 13306:2007, a manutenção é a “*combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida*”.

A manutenção de motores aeronáuticos constitui uma atividade de extrema importância, tendo em vista assegurar o seu bom funcionamento, em condições seguras, e prolongar a sua utilização, numa perspectiva económica.

Ao conjunto das actividades de inspeção, substituição, reparação, aquisição, gestão de configuração e controlo do historial das peças, denomina-se manutenção aeronáutica (internacionalmente conhecida por *MRO - Maintenance, Repair and Overhaul*), neste caso, aplicada à manutenção de motores aeronáuticos.

A manutenção de motores pode ser segmentada em diferentes níveis de actividade de acordo com os níveis de manutenção previstos ou adoptados e a capacidade da oferta.

O nível de manutenção é definido como o nível de profundidade em que se inspecciona ou substituem peças num motor e a extensão da sua desmontagem.

Quando são necessárias acções de manutenção profunda, é requerido que as empresas prestadoras possuam técnicas, ferramentas e equipamentos específicos, pessoal competente e certificado, publicações técnicas pormenorizadas e certificadas por uma autoridade aeronáutica.

O nível de intervenção mais profundo, corresponde a desmontar completamente o motor ou partes do mesmo (módulos), por forma a avaliar todas as peças e recolocar o bem numa condição aeronavegável.

Há alguns anos atrás os motores eram periodicamente sujeitos a desmontagens completas, de 2500 em 2500, de 5000 em 5000 ou de 7500 em 7500 horas de utilização. Como é óbvio este conceito implicava uma carga de trabalho bastante elevada a que correspondiam muitas horas de mão-de-obra e uma elevada taxa de substituição de peças.

Actualmente, os fabricantes estão a generalizar o conceito de utilização sob condição (*on condition*), o que significa que, periodicamente, algumas partes do motor são inspeccionadas e

apenas se procede à desmontagem desse módulo ou do motor completo se apresentarem defeitos não aceitáveis.

Este novo conceito veio reduzir, sobremaneira, as despesas de manutenção e permitir uma maior prontidão dos motores e, conseqüentemente, das aeronaves, mantendo, no entanto, um elevado nível de segurança.

4.3 Caracterização do sector de manutenção aeronáutica

Para caracterizar o sector de manutenção aeronáutica, importa apresentar a área de negócio à qual oferece serviços. Para o ilustrar é mostrado o volume de negócio mundial das companhias de transporte aéreo civil (596 mil milhões US\$), de acordo com a associação IATA e também qual a evolução do lucro deste sector ao longo da última década.

System-wide global commercial airlines	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011F	2012F	
REVENUES, \$ billion	322	379	413	465	510	570	476	547	596	Central forecast 618	Banking crisis 589
% change	5.2	17.7	9.1	12.5	9.6	11.7	-16.5	14.9	9.1	3.7	-1.3
Passenger	249	294	323	365	399	444	374	425	469	488	462
Cargo	40	47	48	53	59	63	48	66	66	66	62

Figura 4.1 - Volume de negócio mundial das companhias de transporte aéreo civil (fonte: IATA)

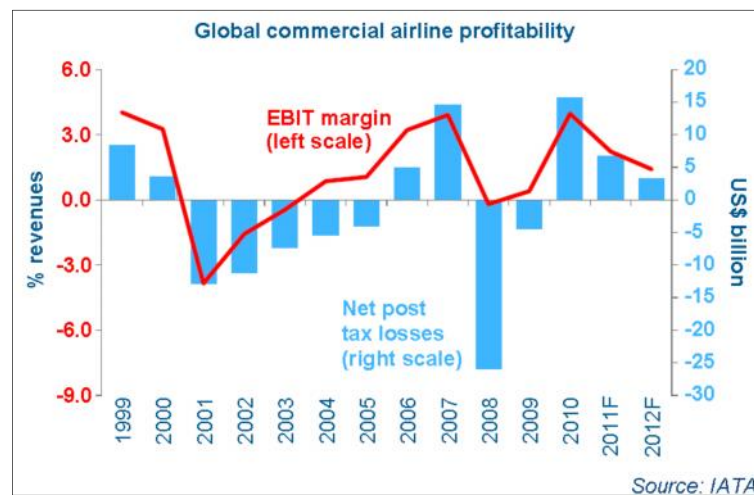


Figura 4.2 - Evolução do lucro das companhias de transporte aéreo civil (fonte: IATA)

O valor de receitas gerado (e previsto) por este mercado para as empresas de manutenção aeronáutica (MRO *forecast*) é apresentado abaixo, de acordo com a firma de consultadoria *TeamSAI* (valores em mil milhões de US\$).

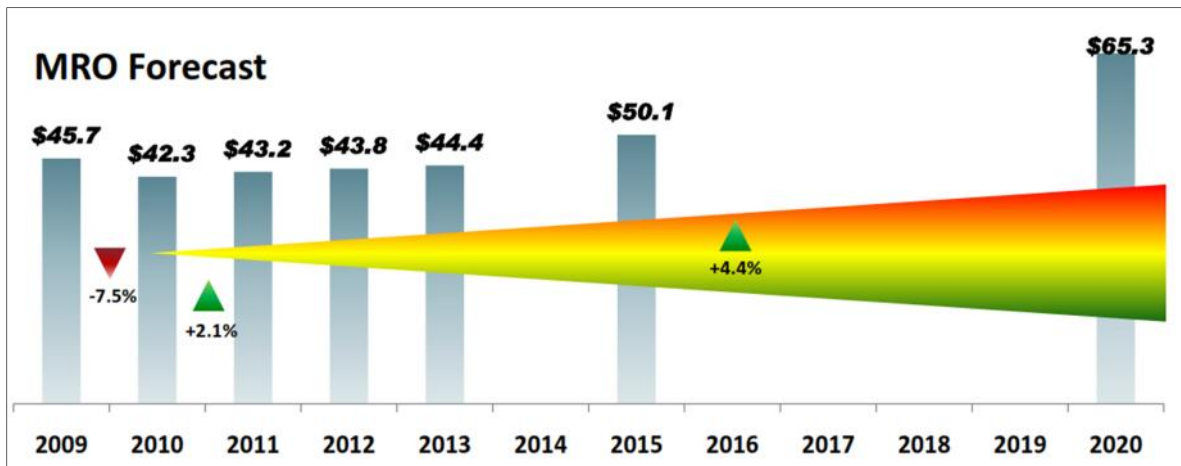


Figura 4.3 - Valor de receitas gerado (e previsto) para as empresas de MRO (fonte: TeamSAI)

Este valor global é de seguida repartido pelas suas principais parcelas. Inclui a seguinte segmentação: manutenção de base da aeronave, manutenção de motores, manutenção de componentes e por fim a manutenção de linha. Pode observar-se que a maior fracção corresponde aos motores, com o valor perspectivado para 2020 de 26 mil milhões de US\$.



Figura 4.4 - Valor de receitas gerado empresas MRO, segmentado por área de negócio (fonte: TeamSAI)

Não menos relevante é o mercado mundial de MRO do sector militar (85 mil milhões US\$ - ref^a ano de 2010), como pode ser verificado pelo estudo da *Aerostrategy* abaixo. Este segmento tem o aliciente de proporcionar margens operacionais mais elevadas, comparando-o com o mercado dos operadores civis. O valor referente aos motores é de 8,5 mil milhões US\$.

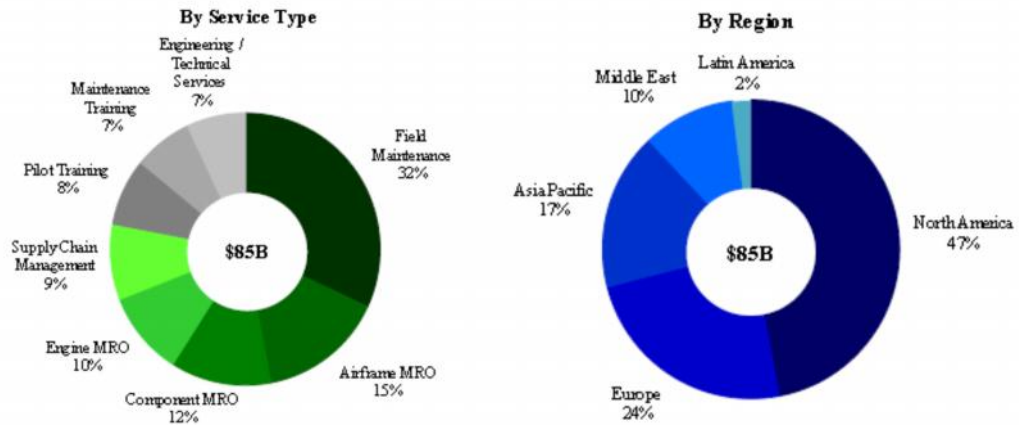


Figura 4.5 - Valor de receitas gerado empresas MRO, sector militar (fonte: Aerostrategy)

De seguida discriminam-se os principais serviços solicitados pelos clientes de manutenção de motores, sendo de realçar que o mercado procura cada vez mais prestadores de serviço que apresentem sugestões e soluções que acrescentem valor à sua operação diária.

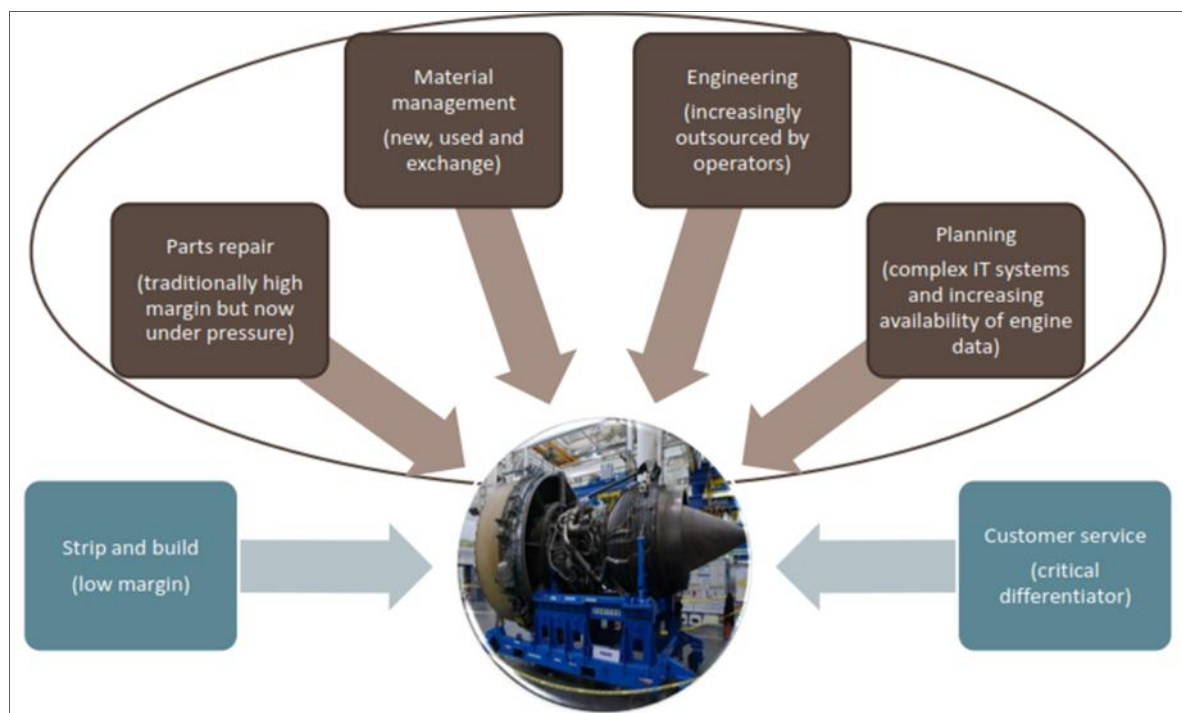


Figura 4.6 - Principais serviços solicitados pelos clientes de manutenção de motores (fonte: TeamSAI)

O valor de facturação atingindo na empresa, pelo segmento de motores aeronáuticos representou em 2011, 50 milhões de euros, num total facturado pela organização de 141,1 milhões (representa um acréscimo de cerca de 20% em relação ao ano de 2010).

A manutenção de motores é um segmento de mercado dominado pelos OEM's (que controlam ferozmente as margens), e em que o custo com peças representa cerca de 80% do valor

facturado, sendo os restantes afectos a mão de obra. O cliente, aquando da subcontratação de um motor, seja ele um OEM, operador ou empresa de leasing, pretende tipicamente os seguintes aspectos:

- ✓ TAT reduzido;
- ✓ Preço reduzido;
- ✓ Qualidade elevada;
- ✓ Entrega do motor na data contratada;
- ✓ Flexibilidade para induzir motores, logo após remoção de asa.

Com o projecto e lançamento de novos modelos de motores, o futuro perspectiva-se com maior dependência dos OEM's, através de contratos de longa duração de “*power by the hour*” com os operadores. A exigência de elevados investimentos a efectuar pelas empresas de MRO, para adquirir capacidade de manter um novo modelo, resulta num mercado mundial com reduzido número de competidores e muito pouco espaço para empresas independentes, isto é, em que a estrutura accionista não inclua um OEM. Deste modo, os contratos “*time and material*”, onde as margens são mais interessantes para a empresa de MRO, estão em decréscimo, porque os proprietários de aeronaves temem um descontrolo dos custos aquando do envio de um motor para um centro reparador, por comparação a contratos em que o custo é estável e conhecido ao longo do tempo.

4.4 Caracterização do motor a estudar

Os motores aeronáuticos intervencionados e objecto deste estudo de caso são do fabricante *Rolls-Royce*, sendo todos da família “*AE engine*”. São motores modulares, com a mesma filosofia de projecto, tendo em comum o *core* (conjunto de alta pressão, isto é, o compressor e turbina de alta), sendo muito idêntico o processo de desmontagem, inspecção e montagem.

São intervencionados motores *turbofan* (AE3007) e *turboprop* (AE2100).

De um modo genérico, os motores são constituídos pelos seguintes módulos e submódulos; entre parentesis o código ATA 100 respectivo:

(refª motor AE3007)

Fan Rotating (72-00-21)

Fan stationary (72-00-25)

Compressor (72-00-30)

Compressor case (72-00-37)

Compressor rotor (72-00-35)

Diffuser (72-00-39)

Combustion liner (72-00-45)

Turbine 1st stage vanes and Support (72-00-51)

High Pressure Turbine (72-00-52)

Low Pressure Turbine (72-00-57)

RTBS (72-00-59)

Outer Duct (72-00-71)

Accessory Drive Gearbox (72-00-63)

(refª motor AE2100)

Propeller Gearbox (72-00-11)

Torquemeter (72-00-15)

Air Inlet Housing (72-00-25)

Compressor (72-00-30)

Compressor case (72-00-37)

Compressor rotor (72-00-35)

Diffuser (72-00-39)

Combustion liner (72-00-45)

Turbine 1st stage vanes and Support (72-00-51)

High Pressure Turbine (72-00-52)

Low Pressure Turbine (72-00-57)

RTBS (72-00-59)

GMAD (72-00-65)

PUAD (72-00-63)

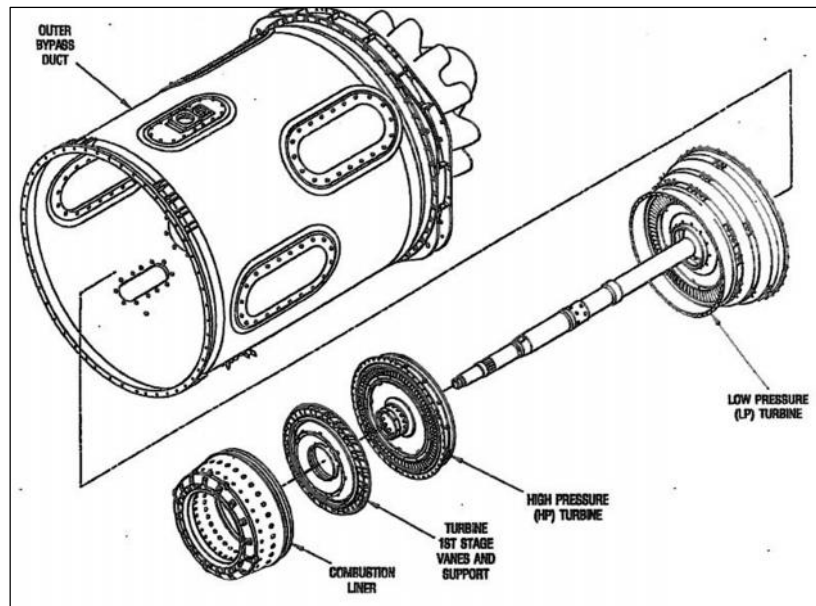


Figura 4.7 – Motor RR AE3007, módulos (fonte: OEM - manual do fabricante – Rolls-Royce)

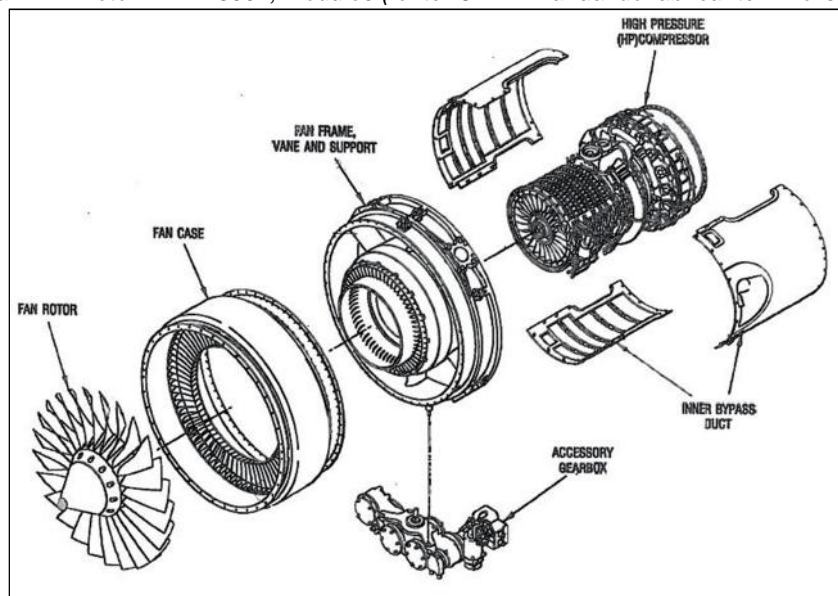


Figura 4.8 – Motor RR AE3007, módulos continuação (fonte: OEM - manual do fabricante – Rolls-Royce)

Estes motores seguem a filosofia de manutenção *on condition*, tendo, por vezes, aquando da *shop visit*, módulos que não são intervencionados, isto é limitam-se a ser submetidos a uma inspeção visual e/ou boroscópica. Deste modo, a variabilidade das intervenções é elevada, dificultando a implementação do trabalho padrão principalmente na fase inicial de desmontagem e inspeção.

A montagem de um motor desta família pode ser resumida do seguinte modo (a desmontagem segue a mesma lógica de processo, sendo efectuada na sequência inversa):

Montagem dos módulos e submódulos

Pela sua complexidade, dimensão e nº de tarefas a realizar torna-se necessário a existência de sublinhas para os seguintes módulos:

- ✓ *Compressor case*
- ✓ *Compressor rotor*
- ✓ *Difuser*
- ✓ *High Pressure Turbine*
- ✓ *Low Pressure Turbine*
- ✓ *Accessory Drive Gearbox*
- ✓ *Propeller Gearbox*
- ✓ GMAD
- ✓ PUAD

Estes módulos, após conclusão das tarefas de montagem, efectuada na sublinha dedicada, seguem para a sua posição na linha de montagem final aguardando o momento da instalação. Alguns deles, nomeadamente rotores, têm que ser submetidos a tarefas de rectificação final e equilibragem antes de seguirem para a fase seguinte.

Montagem final

Os módulos são instalados na fase final juntamente com os acessórios substituíveis em manutenção de linha (LRU's). O empilhamento destes módulos é auxiliado por uma plataforma hidráulica extensível, de modo a tornar mais ergonómicas as tarefas a efectuar pelos mecânicos. Alguns testes são efectuados, nomeadamente de estanquicidade, ao longo da montagem final de forma a minimizar anomalias em banco de ensaio.

4.5 Descrição do processo manutenção do motor

i. Alocação do motor e envio do mesmo pelo operador até ao centro reparador

Início do processo de reparação do motor. Na sequência da acção comercial o motor é alocado ao centro reparador e é iniciado o processo logístico de envio do bem. Nesta fase é relevante conhecer-se qual a data prevista de chegada para efeito de planeamento e é também o momento ideal para se preparar todo o processo documental necessário à indução do motor.

É fundamental conhecer:

- ✓ a causa de remoção;
- ✓ *logbook* do motor (para conhecer a sua configuração, horas e ciclos de remoção);
- ✓ pedidos especiais do cliente.

Na posse destes elementos o *workscape* (definição de trabalhos) pode ser criado e submetido ao cliente para aprovação. Com a aceitação dos trabalhos a efectuar, o *workscape* é difundido

para a produção juntamente com os documentos de trabalho (cartas básicas ou de rotina) que devem ser realizados, posteriormente assinados e carimbados de acordo com a legislação aeronáutica aplicável.

Idealmente, aquando da chegada do motor (referido com Tc) devem estar distribuídas as cartas básicas e os trabalhos definidos; no decorrer das tarefas de manutenção, se for justificável, deve-se efectuar revisões ao *workscope* inicial.

ii. Recepção e indução do motor

Após a chegada do motor, o planeamento da área define as datas a serem cumpridas e fornece os elementos de identificação, quer de carros de transporte de peças (habitualmente etiquetas de grandes dimensões), quer para as peças e módulos após desmontagem (chapas metálicas). Com esses elementos a produção inicia a desembalagem e cumprimento dos primeiros documentos de trabalho, nomeadamente a verificação da configuração de acessórios exteriores à chegada.

Na empresa, o momento da indução do motor é referido como T0.

iii. Desmontagem

Inclui as tarefas de remoção dos módulos exteriores e subsequente desmontagem até ao nível da peça, de acordo com o definido no *workscope* aprovado.

Nesta fase as peças são etiquetadas e colocadas em carros de transporte para seguirem para as fases seguintes. Algumas delas são imediatamente retiradas do processo e rejeitadas devido à sua condição ou configuração (essencialmente por cumprimento de SB's), deste modo evita-se a realização de trabalho que não acrescenta valor ao serviço prestado.

iv. Limpeza

Realização de operações de limpeza, de acordo com a documentação técnica aplicável, para viabilizar a fase de inspecção, avaliação e mais tarde a subsequente fase de montagem.

v. Inspeção não destrutiva

Realização de operações de inspecção não destrutiva, de acordo com a documentação técnica aplicável, identificando danos nas peças que possam colocar em causa a sua integridade e adequação ao serviço.

vi. Avaliação

Conjunto de tarefas necessárias à definição da condição dos módulos removidos e das peças desmontadas. Nesta fase as peças podem obter as seguintes condições:

- ✓ Rejeitada;
- ✓ Reparável – na empresa ou no exterior (subcontratação);
- ✓ Apta a ser instalada.

Uma das actividades mais relevantes nesta etapa é o preenchimento de informação no sistema informático, caracterizando as peças e módulos e respectiva condição. Assim garante-se uma simultaneidade no fluxo de peças e fluxo de informação.

No processo actual, o inspector quando termina o trabalho de avaliação de uma peça coloca-la no carro *master* (apresentado mais em detalhe no subcapítulo 4.6.4), num local único, seguro e configurado (habitualmente em baixo relevo) para a peça em questão. Esta peça na situação habitual não necessitará mais de ser movimentada até ao momento da sua instalação.

Após a conclusão da avaliação, requisição de todos os materiais necessários e planeamento das tarefas de montagem é referido na empresa como T1.

vii. Reparação

Conjunto de actividades realizadas, de acordo com a documentação técnica aplicável, de modo a restabelecer a condição de apta a ser instalada. A peça segue uma sequência de reparação suportada por uma gama de anomalia, que indica as áreas / etapas a serem realizadas até concluir a tarefa de reparação.

Inclui os mais diversos processos, nomeadamente:

- ✓ Soldadura;
- ✓ Maquinação;
- ✓ Aplicação de revestimentos;
- ✓ *Shot peening*;
- ✓ Tratamentos térmicos;
- ✓ Controlo dimensional;
- ✓ Inspeção não destrutiva.

Quando a tarefa de reparação é concluída, com a respectiva documentação assinada, a peça segue para a área de *kitting*.

viii. Kitting

Tarefas de preparação de material para a montagem, inclui a organização final dos carros *master*, nomeadamente a recepção das peças, processamento da documentação relevante e arrumação das mesmas vindas dos seguintes fluxos:

- ✓ Avaliação (peças consideradas *serviceable* aquando da inspeção);
- ✓ Reparação;
- ✓ Armazém (inclui os *expendables* e peças novas em substituição das rejeitadas);
- ✓ Subcontratação.

Aquando da recepção de todas as peças e preenchimento total dos carros *master*, refere-se na empresa como Tk. As cartas de trabalho para as fases finais seguem também, em bolsas para o efeito, apenas nos carros *master*.

ix. Montagem de submódulos

Com o movimento dos carros *master* para a área seguinte inicia-se o processo de montagem dos submódulos e módulos. Alguns destes subconjuntos irão de seguida ser submetidos a intervenções de maquinação e/ou equilibragem.

Com a conclusão das fases de montagem o módulo segue para a sua posição na linha final, aguardando o momento em que é necessário para a montagem final.

x. Montagem final

Nesta fase com todos os módulos montados inicia-se a etapa do empilhamento dos mesmos na sequência definida no manual do motor. Nesta fase, com a linha móvel, o conjunto vai progredindo até ser concluída a união / instalação de todas as peças exteriores.

xi. Ensaio

Concluídas as tarefas de montagem, o motor com a sua configuração final obtida, segue para o banco de ensaio para instalação no suporte e posterior realização de tarefas definidas pelo manual do motor.

As condições mais exigentes de operação são simuladas e testadas, tendo o motor que obter, pelo menos, os valores mínimos aceitáveis. Caso tal não se verifique, são realizadas tarefas de pesquisa de anomalia, que podem, em situações mais complexas, obrigar a uma re-indução do motor para um novo ciclo de reparação e subsequente montagem e novo ensaio.

xii. Inspeção final, embalagem e expedição para o operador

Concluído o ensaio com sucesso o motor é submetido a uma inspeção final, embalado no *stand* ou contentor de transporte e expedido para o operador.

Com a disponibilização do bem ao cliente, é concluída a intervenção de manutenção do motor, esta fase é designada como T2.

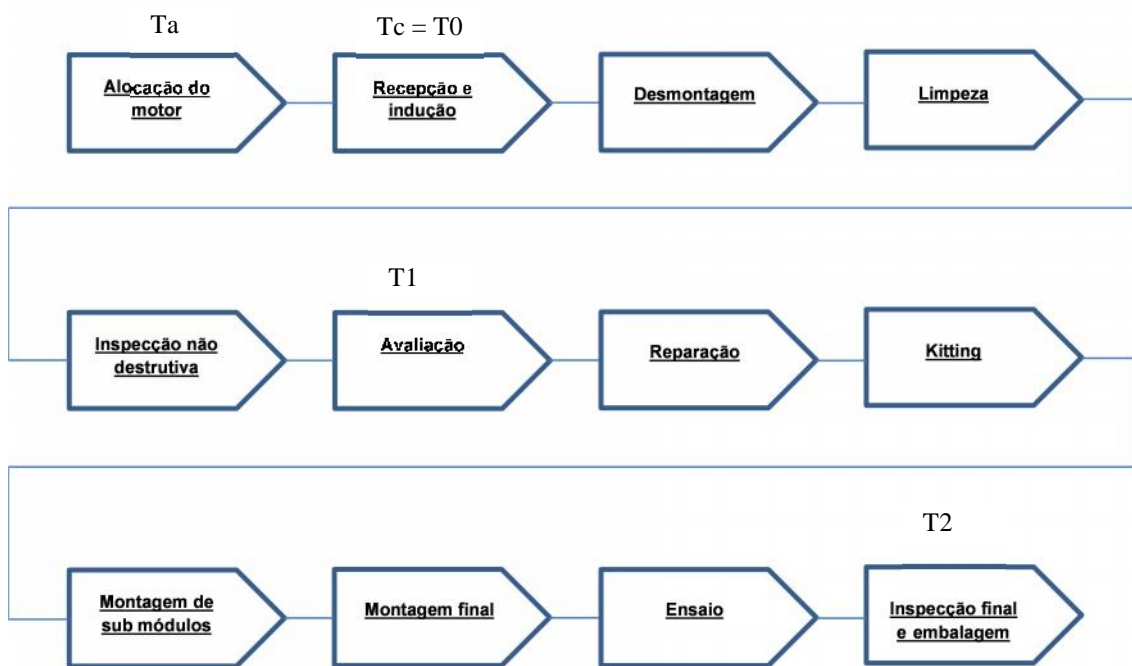


Figura 4.9 – Representação esquemática do processo de manutenção – motores aeronáuticos (fonte: empresa)

4.6 Implementação da filosofia lean no processo produtivo

4.6.1 Descrição geral – organização do programa

A decisão de implementar a filosofia *lean* na empresa foi tomada pela gestão de topo, tendo como objectivo fundamental promover o desenvolvimento organizacional de modo a atingir a excelência empresarial. Com a excelência não se pretende unicamente implementar as melhores práticas empresariais, melhorar a produtividade e lucro, mas visa também obter satisfação, crescimento, realização e qualidade de vida dos funcionários.

Resumidamente, tem como objectivo satisfazer colaboradores, clientes, accionistas, comunidade envolvente e assim sustentar e perpetuar o negócio.

Para o atingir foram desenvolvidas várias iniciativas em todas as áreas da organização e identificados quatro pilares essenciais, a saber: pessoas, cultura organizacional, processos e estratégia.

O processo de comunicação interna na organização, nomeadamente *intranet*, *banners*, folhetos e quadros informativos, foi melhorado, sendo actualmente o “veículo” principal da difusão deste novo programa corporativo (designado na empresa como E+).

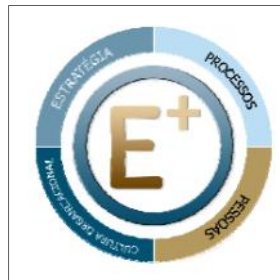


Figura 4.10 – Logo do programa corporativo E+ (fonte: empresa)

Para o implementar foi constituída uma equipa central com responsabilidades de criar as fundações para o programa corporativo.

As acções de formação no conceito *lean* foram lançadas numa lógica de “cascata”, iniciando-se com a equipa central e gestão de topo, passando pelos dinamizadores locais (líderes de célula e agentes de melhoria local) e terminando com a generalidade dos funcionários. Os módulos de formação foram transmitidos em função das responsabilidades de cada colaborador na organização, existindo contudo uma base comum apresentada a todos os colaboradores.

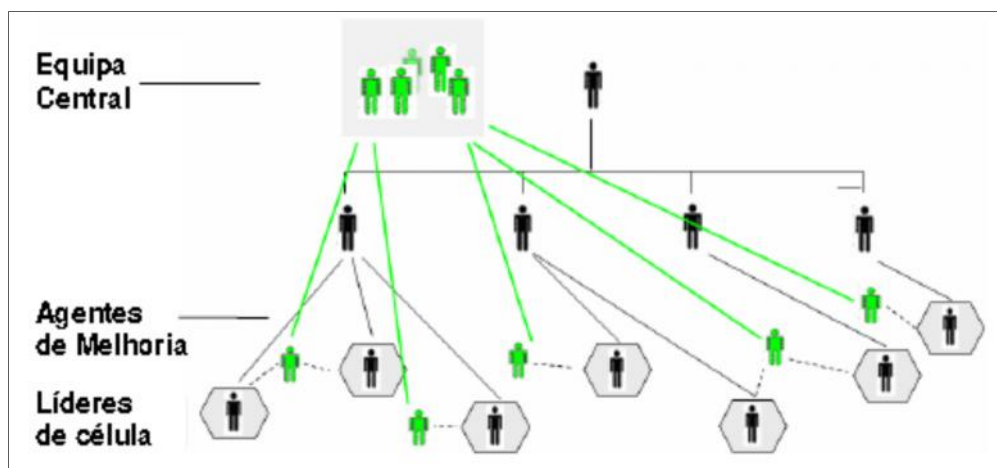


Figura 4.11 – Organização do programa corporativo E+(fonte: empresa)

Equipa central

Constituída por dois colaboradores a tempo integral afectos ao programa corporativo. Sendo um o KPO (*Kaizen Promotion Officer*), com funções de planeamento, promoção e coordenação das semanas *kaizen*. Adicionalmente, quantifica e consolida os ganhos financeiros e outros. O elemento restante é um especialista de melhoria contínua com funções de apoio e coordenação das actividades dos agentes de melhoria contínua em termos de acções, planeamento e resultados.

Líderes de célula

Um por célula e não dedicados integralmente ao programa corporativo. O líder da célula é o responsável da área com maior representatividade dentro da mesma.

Agentes de melhoria contínua (AMC)

Aproximadamente 1.5% dos colaboradores da empresa, com dedicação integral ao programa corporativo. O AMC depende funcionalmente do líder da célula e é responsável pela operacionalização das ferramentas de suporte e actividades de melhoria contínua dentro da célula.

Para implementar esta filosofia, várias abordagens podiam ter sido seguidas, a que a empresa optou foi a promoção calendarizada e frequente de eventos *kaizen*, após identificação de áreas em que o desempenho não fosse o mais satisfatório (análise de custo-benefício prévio), e a criação de células locais para manter e melhorar os novos processos entretanto implementados. A necessidade de criar métricas de avaliação dos processos foi identificada, sendo os resultados obtidos divulgados pelos diferentes meios de comunicação interna da empresa.

A área de manutenção de motores aeronáuticos, tal como em todas as outras na empresa, seguiu a mesma abordagem tendo-se constatado que para manter e/ou aumentar a produtividade, competitividade e conseguir posição sustentável no mercado, alterações aos processos teriam que ocorrer.

Para atingir este objectivo os princípios da filosofia lean foram seguidos, nomeadamente:

- ✓ Especificar o que cria, ou não cria, valor para cada actividade;
- ✓ Identificar os fluxos de valor e eliminar as actividades que não acrescentam valor;
- ✓ Criar um fluxo de valor contínuo;
- ✓ Deixar o cliente “puxar” o fluxo de valor;
- ✓ Perseguir a perfeição;
- ✓ Conhecer os *stakeholders*
- ✓ Inovar sempre

O procedimento interno da empresa ao abordar os eventos *kaizen*, segue a seguinte metodologia:

- ✓ Recorre aos colaboradores da área onde o evento decorre;
- ✓ É constituída por um líder e um co-líder e restantes elementos;

- ✓ Os colaboradores são estimulados a fazer uso da sua imaginação, criatividade e conhecimento das diversas ferramentas *lean* para melhorar o processo;
- ✓ Segue um modelo de apresentação comum a todas as áreas;
- ✓ Em momentos previamente definidos existe uma apresentação à gestão de topo;
- ✓ O evento decorre durante três semanas, sendo as duas iniciais de preparação e terminando na semana de implementação;
- ✓ São definidos objectivos quantificáveis, no início do evento sendo depois seguidos ao longo do mesmo;
- ✓ Tarefas identificadas como necessárias a realizar e não concluídas são monitorizadas através de um “jornal”.

4.6.2 Operacionalização do programa (fase Ta-T1)

Neste subcapítulo, far-se-á menção, de uma forma resumida, às oportunidades de melhoria detectadas e implementadas nas áreas identificadas com a cor verde (sombreado na figura 4.12). As restantes áreas do processo produtivo serão referidas com mais algum detalhe nos subcapítulos seguintes. A razão desta divisão prende-se com o facto do tema da dissertação adequar-se mais à fase pós T1, evitando-se assim uma descrição demasiado exaustiva de todas actividades realizadas. O ensaio e a inspeção final, pela pouca complexidade das tarefas envolvidas não são referidas neste estudo.

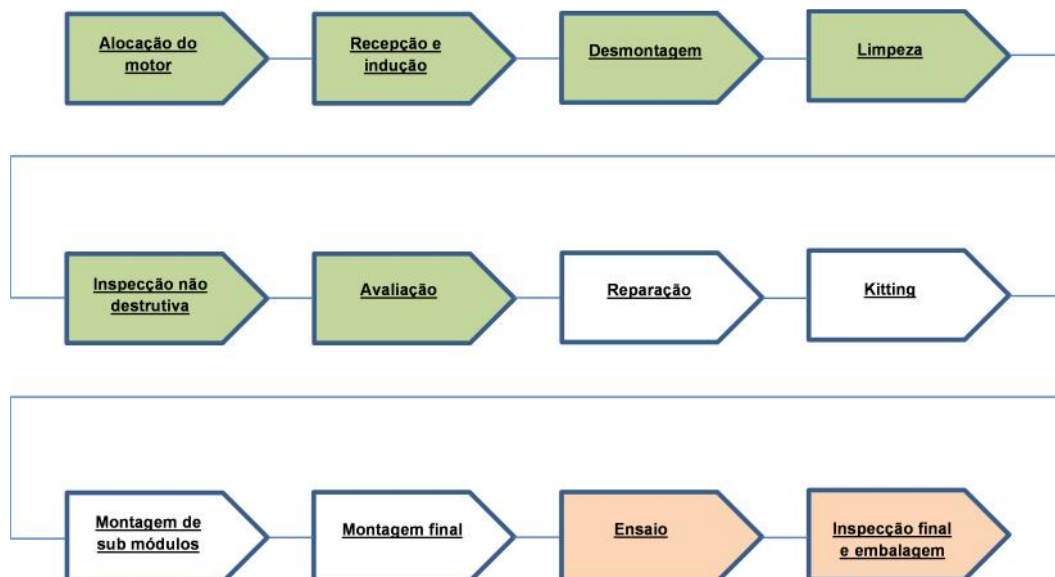


Figura 4.12 – Representação esquemática do processo de manutenção – motores aeronáuticos (fonte: empresa)

Com a utilização das ferramentas *lean*, nomeadamente os eventos *kaizen*, rapidamente alguns dos problemas mais significativos foram identificados:

- ✓ Descontrolo do processo – resulta em entregas atrasadas de produtos, falhando o compromisso com o cliente;
- ✓ Deficiente *layout* produtivo e ausência de auxiliares visuais;
- ✓ Recorrente falta de materiais, documentação, peças e produtos necessários;
- ✓ Problemas diversos de qualidade no produto entregue;
- ✓ Deficiente aproveitamento do potencial dos recursos humanos;
- ✓ Processos lentos e burocráticos resultando em facturações erradas e tardias.

Em cada evento *kaizen*, o VSM do(s) processo(s) a analisar foi criado. A metodologia seguida foi a mais simples possível, seguindo os princípios da ferramenta. Sobre uma parede, ou similar, é colocado um papel de grandes dimensões e os diversos elementos da equipa identificam todas as fases e fluxos, o mais detalhadamente possível, usando para tal *post it's* de cores distintas. Todas as ligações dos processos são igualmente identificadas.

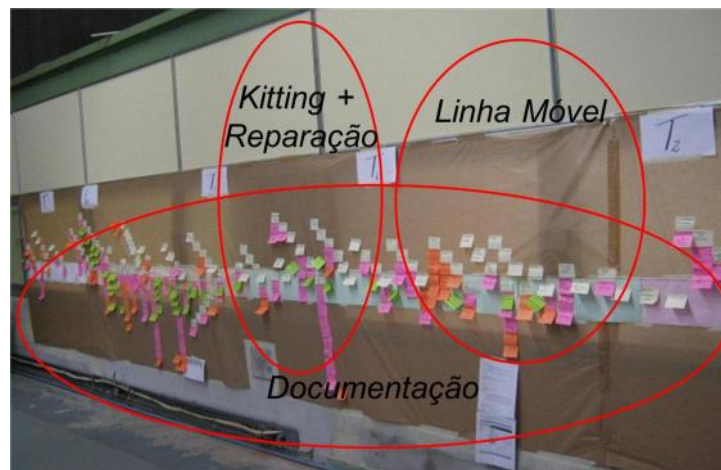


Figura 4.13 – Exemplo de utilização da ferramenta VSM (fonte: empresa)

Esta abordagem permitiu ter a percepção do estado actual dos processos na área dos motores aeronáuticos, ao nível do fluxo de materiais, informação, métricas de desempenho e interligação entre as áreas. Todos os elementos recolhidos foram analisados, discutidos e validados. A análise realizada nesta fase levou à reflexão sobre quais os problemas existentes e qual a melhor forma de os resolver.

Algumas soluções implementadas na fase inicial do processo:

Fase Ta-Tc

Alocação do motor

- ✓ Melhorar a difusão da informação interna relativamente à alocação do motor;

- ✓ Contactar cliente, após alocação, com o objectivo deste enviar o *logbook* e restante informação relevante;
- ✓ Criação de emails *standards* para contactar clientes;
- ✓ Melhorar a data de previsão de chegada de motores de modo a planear a carga *versus* capacidade da oficina.

Fase Tc-T1

Recepção e indução do motor

- ✓ Antecipar criação, aprovação e distribuição do *workscope*;
- ✓ Antecipar entrega de cartas de trabalho aos mecânicos;
- ✓ Indução acelerada (início da recepção logo após a chegada do motor).

Desmontagem

- ✓ Pretende-se rapidez na etapa e qualidade do fluxo de informação para os diversos clientes internos;
- ✓ Desmontagem pulsada, ou seja, o motor é desmontado de uma forma sequencial, sendo os seus módulos removidos e posteriormente desmontados em localizações criadas para o efeito;
- ✓ Para cada etapa de desmontagem foram criadas instruções de trabalho padrão.

Definição do conceito de SWP para qualquer intervenção em motores;

Módulo	Situação Actual	SWP	Homem Hora	Material	Cobrar ao Cliente
Fan Rotor	4	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref)	3h (D/M) 3h Inspeção	Expansível	
Fan Stat	4	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref)	10h (D/M) 3h Inspeção	Expansível	Peças rejeitadas que inicialmente não eram p desmontar
Compressor Rotor	3	Level 1 EMP Level 3 EMP Findings + LLP's + ITT + N2			
Compressor Case	3	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref) Findings + ITT + N2			
Difusor	5	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref)	8h (D/M)	Expansível	Não é relevante
1º Stage Vane	2	Level 1 EMP Findings			
HPT Rotor/Stat	5	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref) Findings + ITT + LLP			
LPT	6	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref) Findings + LLP	6h (D/M) 3h Inspeção	Expansível	Não é relevante
ADG	4	Level 1 EMP (Ref) Level 3 EMP (Ref)			

Figura 4.14 –Definição do conceito SWP aquando da desmontagem dos motores (fonte: empresa)

- ✓ Alteração de *layout* - identificação das áreas de recepção do motor, para remoção dos módulos, desmontagem dos mesmos (utilização de cores diferentes nas marcações do chão de oficina);
- ✓ Criado fluxo de peças e paralelamente fluxo de informação (maioritariamente recorrendo à utilização do sistema informático);
- ✓ Implementação de controlo visual de modo a monitorizar mais facilmente o processo;
- ✓ Integrar na mesma linha de desmontagens todos os produtos intervencionados (anteriormente os diversos modelos de motores eram desmontados em “ilhas”);
- ✓ Criação de suporte para ferramentas por posto de trabalho e não por mecânico;



Figura 4.15 – Exemplo de kits de ferramenta por posto de trabalho (fonte: empresa)

- ✓ Integração da função inspeção na desmontagem;



Figura 4.16 – Organização espacial dos carros master aquando da fase de inspeção (fonte: empresa)

- ✓ Colocação de carros de transporte de peças em sítios adequados, para minimizar as deslocações de mecânicos e inspectores;
- ✓ Desenvolvimento do conceito de integração organizacional. Reorganizam-se as equipas da produção até ao fim do orçamento de custo, dotando-as de uma única liderança com foco no TAT da 1ª fase (Tc a T1).

Limpeza

- ✓ Envio faseado, pela área de desmontagem, de peças por módulo e segregado por processo de limpeza;
- ✓ Distribuição sequencial do trabalho de acordo com prioridades e processos;



Figura 4.17 – Organização espacial dos carros por prioridade e cestos de limpeza preenchidos na desmontagem e usados na limpeza (fonte: empresa)

- ✓ Colocação das peças, pela área de desmontagem, arrumadas em recipientes adequados (ex. *blades* de compressor em cestos metálicos), de modo a minimizar as tarefas de manipulação na fase seguinte, isto é prontas para entrada no processo;
- ✓ Reorganização das zonas de recepção, manipulação e expedição das peças tendo em atenção a criação de fluxo contínuo;
- ✓ Criação de matrizes de limpeza, baseadas nos manuais do cliente com identificação visual da peça e processo de limpeza a usar.

Inspeção não destrutiva

- ✓ Distribuição sequencial do trabalho de acordo com prioridades e processos;
- ✓ Concentração dos equipamentos de inspeção não destrutiva, de modo a minimizar a deslocação dos funcionários e adequação do fluxo produtivo;



Figura 4.18 – Utilização ferramenta VSM e concentração espacial de equipamentos de END (fonte: empresa)

Avaliação

- ✓ Antecipar início da avaliação, de modo a efectuar-se paralelamente com a desmontagem, limpeza, ensaios não destrutivos e avaliação dimensional;



Figura 4.19 – Representação esquemática da simultaneidade da fase de inspeção (fonte: empresa)

- ✓ Implementação de fluxo contínuo de peças;
- ✓ Minimizar os movimentos das peças (após inspeção e avaliação, a peça ocupa o seu lugar no carro *master* rapidamente)
- ✓ Portabilidade nos computadores e utilização de *wi-fi* na nave (aumentar a área de acção dos inspectores);

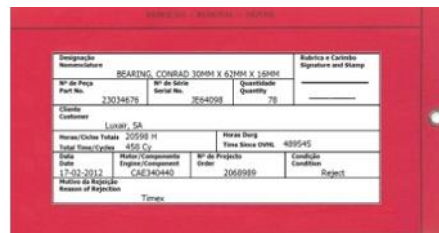


Figura 4.20 – Mobilidade da função inspeção ao longo da etapa de desmontagem (fonte: empresa)

- ✓ Impressão automática de etiquetas (necessárias para identificar e acompanhar a peça), com informação do sistema informático, em substituição da escrita manual;
- ✓ Introdução de controlo dimensional com recurso a tecnologia *laser*;

Implementação Medição Laser do Compressor Rotor (~ USD\$13,000)								
		Tc-T1		Tk-T2				
		Measure	Disassembly	Assembly	Measure	Grind	Measure	Total
Today		8			8		2	18 hours
	80%				40%		35%	Average Work
	6				3		1	1.185 ManHours/115 AEs/Year
Laser		0,5			0,5		0,5	1,5 hours
	80%				40%		35%	Average Work
	0,4				0,2		0,2	89 ManHours/115 AEs/Year
							1.095	Total ManHours Difference/Year
							45.381 €	Total Avoided Budgeted Cost

Figura 4.21 – Análise da viabilidade financeira da implementação de medição a laser (fonte: empresa)

- ✓ Alteração de *layout* com implementação de fluxo na sala de controlo dimensional;

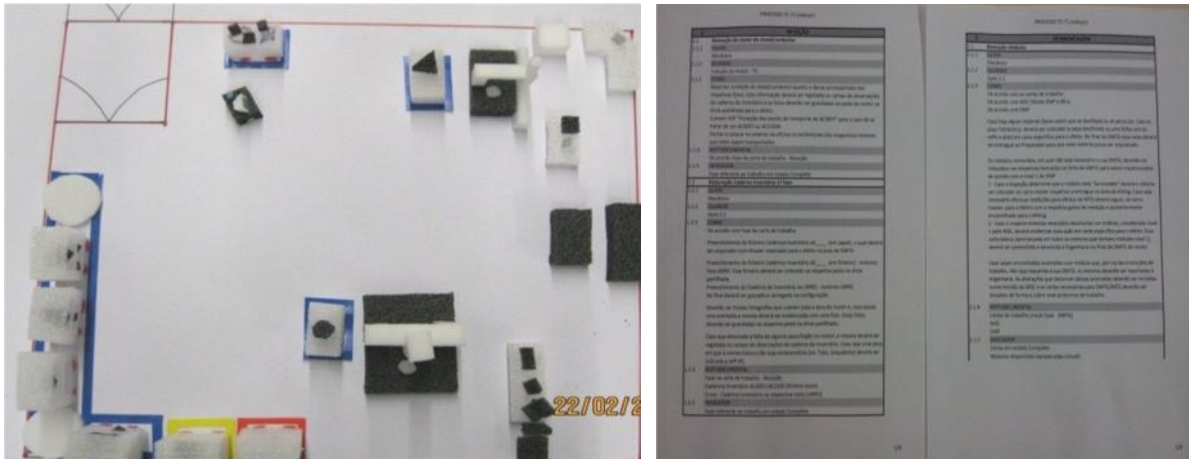


Figura 4.22 – Análise da implementação de fluxo na área da tridimensional e exemplo de standardização do processo de inspecção (fonte: empresa)

- ✓ Padronização dos processos, com a criação de instrução de trabalho para as diferentes actividades efectuadas pelos inspectores;
- ✓ Criação de manual do utilizador para preenchimento dos carros *master* dos motores.

Também nos *kaizen* efectuados nesta fase inicial foram lançados os fundamentos para alterar um dos pontos fracos da empresa, identificado anteriormente, que é o deficiente planeamento das actividades a realizar e o adequado balanceamento de carga *versus* capacidade. A actividade de planeamento é transversal na organização, sendo que os processos aplicados na primeira fase são replicáveis para a fase de montagem. Apresentam-se abaixo algumas das actividades desenvolvidas:

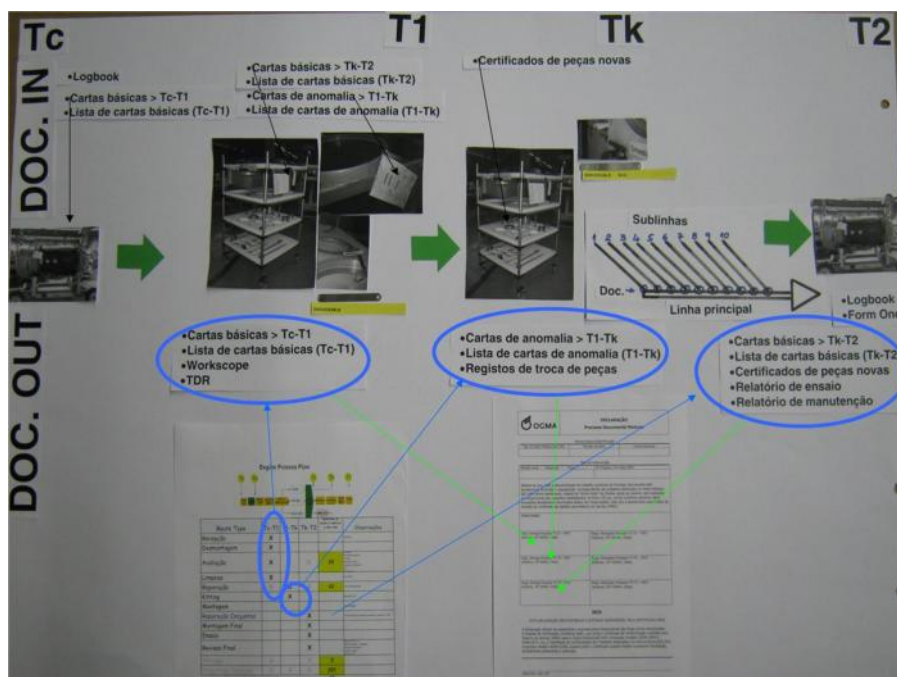


Figura 4.23 – Análise do fluxo documental e do processo (fonte: empresa)

- ✓ Simultaneidade do processo documental (igual à montagem);

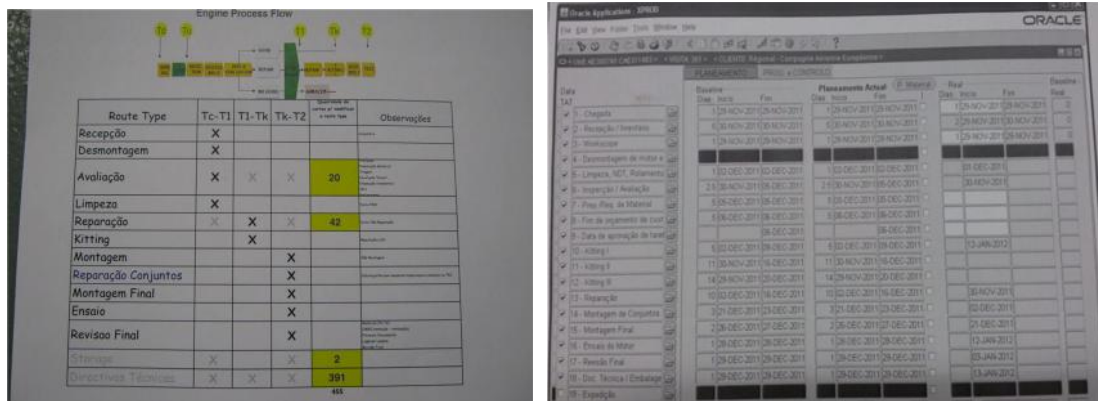


Figura 4.24 – Definição de route type para recolha das cartas após conclusão das fases (fonte: empresa)

- ✓ Implementação do controlo de cartas por fase utilizando a programação por milestones;
- ✓ Compromisso de fim de orçamento de custo em data fixa;
- ✓ Planeamento carga capacidade.

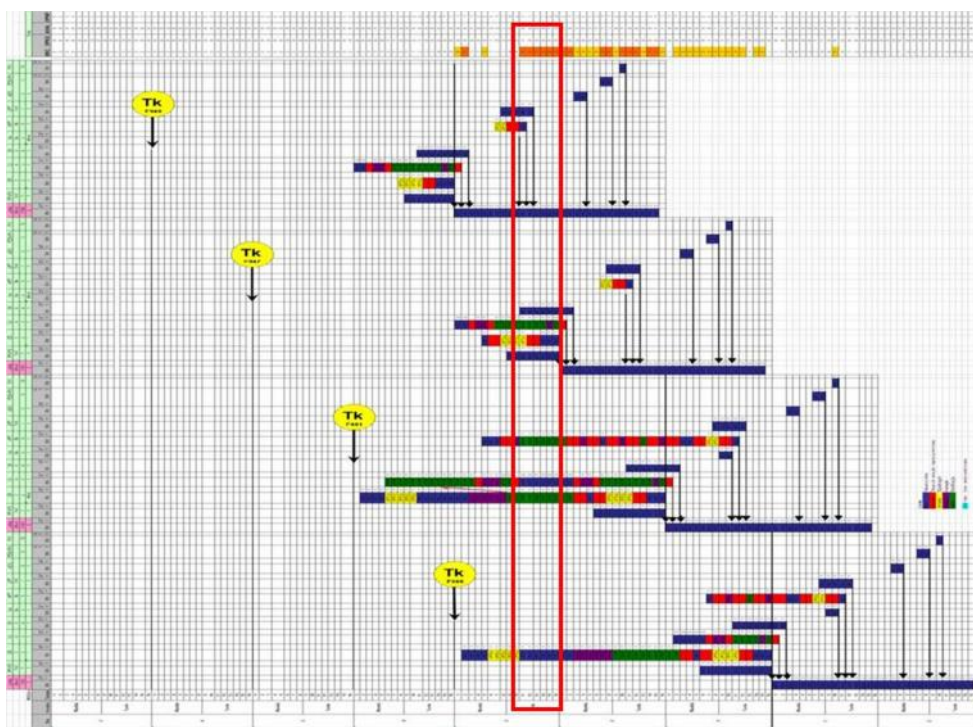


Figura 4.25 – Análise de carga capacidade – simultaneidade de actividades (fonte: empresa)

4.6.3 Reparação - Implementação da filosofia lean

A área de reparação foi igualmente submetida a vários eventos *kaizen* e constituição de célula de melhoria contínua, sendo de destacar a implementação das seguintes ferramentas *lean*:

- ✓ TPM - referido abaixo com maior detalhe o guião seguido;

- ✓ SMED - (referido no anexo B).
- ✓ Poka Yoke - (referido no anexo B).
- ✓ Kanban- (referido no anexo B).

Nesta área de trabalho foi também detectada uma oportunidade de melhoria, com a introdução da tecnologia RFID para melhor controlo do processo, esta hipótese de inovação está referida mais em detalhe no final deste subcapítulo.

Guião de implementação TPM

Aquando da implementação do TPM é fundamental conhecer a disponibilidade actual dos equipamentos, para se comparar os resultados após algum tempo. Com esta acção permite-se a monitorização e avaliação do processo.

Para a acção de implementação no terreno deve usar-se o princípio do “antes e depois”. Tirar fotografias do estado actual dos equipamentos e ter o cuidado de não limpar nada para a foto. Marcar a posição de onde se tiraram as fotos, para que mais tarde se possam comparar as situações.

Onde for aplicável é sugerido que seja feito o cálculo do OEE (ver subcapítulo 2.4.4) de acordo com o diagrama abaixo. O OEE será assim usado para monitorizar a performance dos equipamentos e deve ser calculado como apresentado.

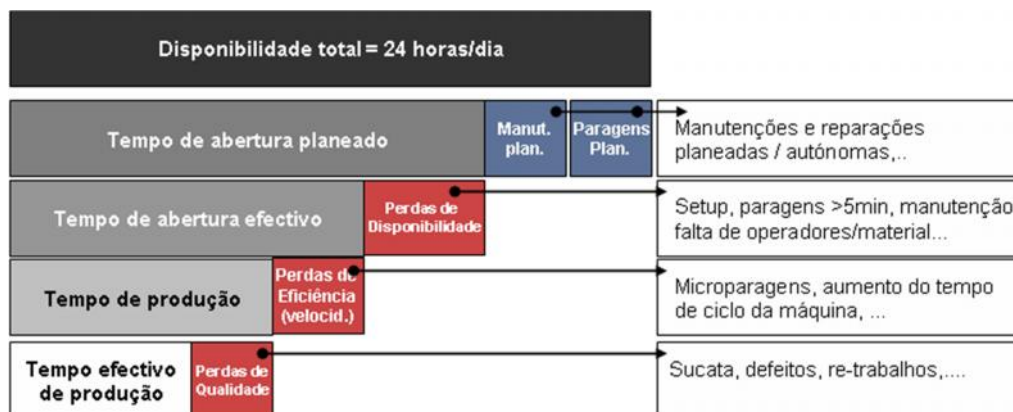


Figura 4.26 – Cálculo do OEE (fonte: empresa)

Passo 1: Avaliação dos equipamentos

Todos os equipamentos utilizados pela área devem ser classificados como tipo A, B ou C (tabela explicativa no anexo C).

Equipamentos tipo A e B são sujeitos a manutenção preventiva e o respectivo cronograma deve estar afixado na área de trabalho. Este deve ser actualizado trimestralmente e ser visível o número de horas gastas *versus* planeadas.

Passo 2: Recolha de dados

Deve utilizar-se o sistema informático (no módulo de manutenção industrial) e o impresso respectivo, para obter informação referente às paragens para manutenção (planeada e não planeada), dos equipamentos da célula de melhoria contínua.

Os dados relativos às paragens dos equipamentos devem ser tratados, utilizando uma análise de *pareto*, para que a célula de melhoria contínua possa facilmente identificar quais os equipamentos que estão a causar mais paragens não planeadas.

Esta recolha de dados é o ponto de partida para seleccionar os primeiros equipamentos a sofrerem uma intervenção de TPM.

Passo 3: Trancar / etiquetar

Após a selecção dos primeiros equipamentos a serem intervencionados, as células de melhoria contínua devem implementar procedimentos de bloqueio de segurança em cada equipamento para evitar acidentes.

O objectivo deste passo é:

- ✓ Proteger todos garantindo que as fontes de energia estão neutralizadas durante a intervenção;
- ✓ Assegurar que todos os funcionários têm consciência das regras de segurança dos equipamentos.

O passo seguinte só deve ser executado quando estão garantidas todas as condições de segurança.

Passo 4: Limpeza inicial

Tudo o que é contaminação tem que ser completamente removido do equipamento (pó, sujidade, massa, limalhas, restos de matéria prima).

Tem que ser feito em todos os equipamento (máquinas, ferramentas, etc.) seleccionados para a intervenção TPM.

Do ponto de vista de TPM, isto não é feito para que tudo fique bonito, o objectivo é expor defeitos escondidos, para que se possam tomar acções e eliminá-los.

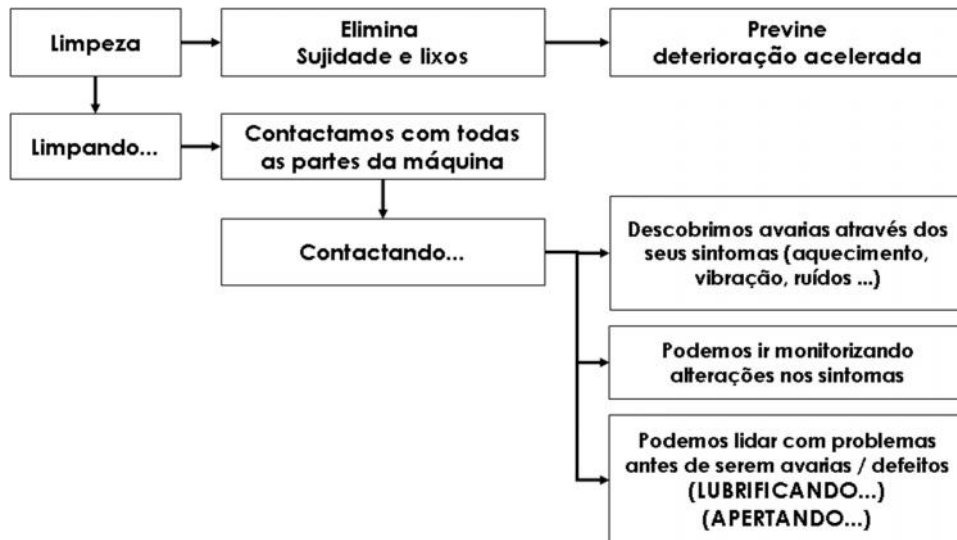


Figura 4.27 – TPM limpeza dos equipamentos (fonte: empresa)



Figura 4.28 – TPM limpeza dos equipamentos (fonte: empresa)

Para todas as anomalias encontradas preencher impresso respectivo.

The image shows a green TPM report form. At the top, it says '• TPM'. Below this, there are fields for 'Equipamento:', 'Data:', 'Encontrado por:', and 'Local:'. A larger section is labeled 'Descrição do problema:' with several lines for writing. A large, semi-transparent 'TPM' watermark is visible across the bottom half of the form.

Figura 4.29 – TPM impresso para reportar anomalias (fonte: empresa)

O líder da equipa TPM tem a responsabilidade de listar os pontos que vão sendo abertos e fazer o encaminhamento dos mesmos para as respectivas áreas, assim como o seguimento da implementação das acções.

Passo 5: Eliminar as fontes de contaminação

Contaminantes têm que ser eliminados na sua fonte;

Se isto for de todo impossível, tem que se prevenir a dispersão do contaminante, através de alterações ao equipamento;

Se isto não for possível, os operadores têm que limpar estes contaminantes com frequência (opção a tomar apenas em último caso);

Isso obriga a que os métodos e equipamentos de limpeza sejam melhorados, para se conseguir limpar dentro do tempo estabelecido;

Elaborar, colocar em prática e acompanhar a primeira versão do plano de limpeza diário. O plano deve ser simples e responder às seis perguntas clássicas:

- ✓ Limpar o quê?
- ✓ Limpar isso porquê?
- ✓ Quem limpa?
- ✓ Limpa exactamente onde?
- ✓ Quando limpa?
- ✓ Como limpa? (método, utensílios)

Este plano deve ser criado para haver uma base de trabalho sobre a qual melhorar, sendo sempre relevante:

- ✓ Envolver todos os utilizadores do equipamento em questão;
- ✓ Desenvolver formas de melhorar esse plano, através de uma análise às causas de contaminação e sua eliminação.

Passo 6: Inspeção geral ao equipamento

Perspectiva do equipamento:

- ✓ Definir o que necessita ser inspeccionado;
- ✓ Definir os critérios para medição e determinação de conformidade.

Perspectiva humana:

- ✓ Dar as competências de manutenção necessárias aos operadores, para estes detectarem defeitos e anomalias no equipamento;
- ✓ Mais facilmente se segue o que nós próprios definimos;
- ✓ Perceber a importância de fazer e a sua importância na organização.

É necessário dar aos operadores competências técnicas.

- ✓ A falta destas é a causa principal para que não se consigam implementar inspecções eficazes;
- ✓ Estas inspecções são essencialmente visuais;
- ✓ Os critérios utilizados dependem dos sentidos;

- ✓ Para dominar isto, é necessário formação e experiência;
- ✓ Não basta só o *standard* e as especificações;
- ✓ É necessário treinar os operadores para que eles adquiriram um “sexto sentido” crítico e intuitivo assente em bases técnicas, e dessa forma criarem os seus próprios “standards” de inspecção geral ao equipamento.

Para as inspecções serem feitas regularmente é necessário criar condições.

- ✓ Embora motivados e competentes, os operadores não vão inspeccionar se não forem criadas condições;
- ✓ Facilmente caímos no erro da “quantidade de produção”, e reduzimos o tempo para inspecção sem fundamento lógico e isto, ironicamente, aumenta as paragens e diminui o volume no final do dia;
- ✓ Providenciar condições (tempo) para se poder inspeccionar é função da liderança.

Passo 7: Controlos visuais


Para proporcionar informações rápidas e visuais das actividades de TPM, deve utilizar-se simbologia específica. Esta simbologia deve estar no próprio equipamento, no local onde se executa a actividade.

Deve-se utilizar a simbologia que está na seguinte tabela:


Símbolo	Descrição
	Identificação de fluidos – água
	Segurança – perigo de electrocussão
	Segurança – ponto de bloqueio
	Acção de manutenção – limpeza
	Acção de manutenção – inspecção visual
	Acção de manutenção – substituição
	Acção de manutenção – lubrificação
	Frequência – mensal
	Frequência – semanal
	Frequência – diária
	Frequência – turno

Figura 4.30 – Simbologia TPM para controlo visual (fonte: empresa)





Descrição:
2 Nº do ponto no standard
△ Frequência: diária
🧹 Acção: limpeza



Descrição:
4 Nº do ponto no standard
○ Frequência: Turno
👁️ Acção: Inspeção visual

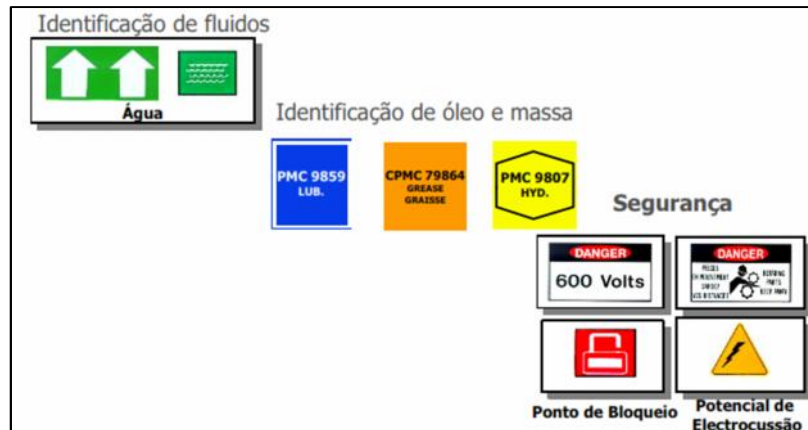


Figura 4.31 – Exemplos de aplicação da simbologia (fonte: empresa)

Para além destes controlos visuais que usam a simbologia, devem ser implementados outros, tais como:

- ✓ Indicadores visuais da gama ideal de funcionamento;
- ✓ Indicadores do nível ideal de óleo;
- ✓ Janelas para facilitar verificação visual;
- ✓ Mover manómetros para níveis de fácil visualização;
- ✓ Outras acções que maximizem o controlo visual e facilitem as inspecções necessárias.

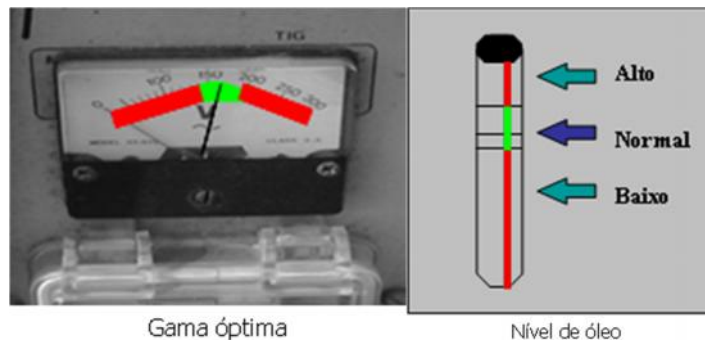


Figura 4.32 – Exemplos de indicadores visuais (fonte: empresa)

Passo 8: Melhoria contínua

Após implementação dos controlos visuais e das rondas de acordo com os procedimentos internos, estão criadas as condições para identificar melhorias.

Melhorias que possam ser feitas nos equipamentos devem ser registadas no formulário respectivo

Deve também ser feito um seguimento do OEE, (quando aplicável), e tomadas acções para garantir que as causas dos problemas com os equipamentos vão sendo eliminadas e a disponibilidade dos mesmos aumenta.

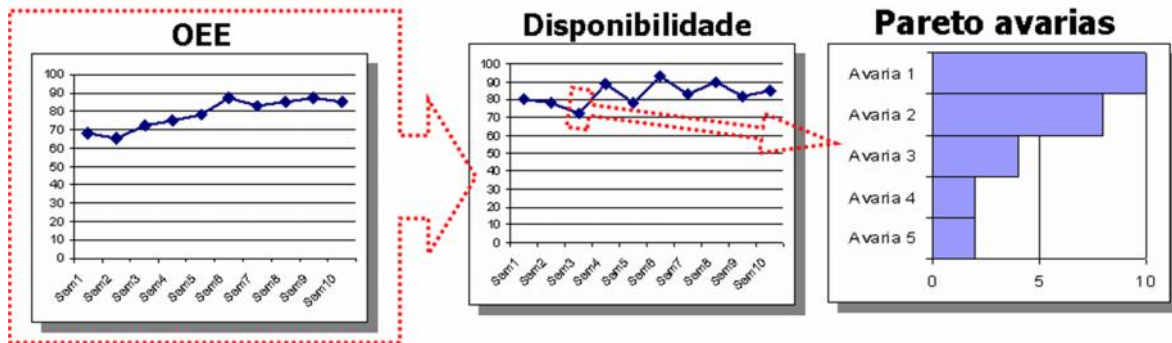


Figura 4.33 – Monitorização dos indicadores (fonte: empresa)

Adicionalmente, deve ser feita uma monitorização dos indicadores e tratamento dos principais problemas.

No anexo D apresentam-se alguns dos resultados obtidos com a implementação desta ferramenta.

Análise da possível implementação de RFID

Na manutenção de motores é frequente, após a fase de inspecção, serem identificadas algumas dezenas de peças para serem submetidas a reparação. Tipicamente essas peças são colocadas no fluxo de reparação, onde lhes é associada uma gama de anomalia. Essa gama é, basicamente, uma sequência de tarefas a serem efectuadas na peça, sempre de acordo com o manual do fabricante, de modo a repor a aeronavegabilidade da mesma. Com a existência de vários de motores em manutenção (por vezes acima de trinta unidades), resulta em centenas de peças em circuito de reparação que urge identificar qual o seu *status* e localização.

Tendo sido identificado este problema, a equipa pondera actualmente a introdução da tecnologia RFID. *Radio frequency identification* (RFID) é um processo recentemente disponível e que desde o início se revelou muito prometededor para o controlo de processos produtivos. A etiqueta RFID (que deverá acompanhar o material a controlar) proporciona em tempo real a localização de qualquer item ao longo de toda a cadeia logística proporcionando deste modo um controlo total sobre o processo.

Deste modo possibilita uma adequada visibilidade das peças ao longo do seu ciclo de movimentação e/ou reparação, permitindo identificar a sua localização e condição no processo. Facilita as actividades de planeamento podendo também identificar-se os tempos de espera e outras actividades que não acrescentam valor, resultando numa redução potencial dos tempos de ciclo de reparação.

Genericamente pode-se afirmar que utilizando RFID (Ramudhin et al, 2008):

- ✓ Reduz TAT;
- ✓ Aumenta entrega de peças reparadas dentro dos prazos;

- ✓ Reduz a quantidade de trabalho em progresso;
- ✓ Reduz tarefas de localização física das peças para um motor específico;
- ✓ Saber da localização de todas as peças de um determinado motor;
- ✓ Conhecer o historial completo da peça no processo de reparação;
- ✓ Proporcionar ao cliente final (caso seja relevante para este) informação em tempo real da evolução da reparação;
- ✓ Permite identificar fácil e rapidamente se alguma das peças não pertence ao motor, que naquele momento se pretende iniciar montagem;
- ✓ Identificar de um modo expedito hipóteses de melhoria nos processos evidenciando onde existem as maiores restrições aos fluxos produtivos.

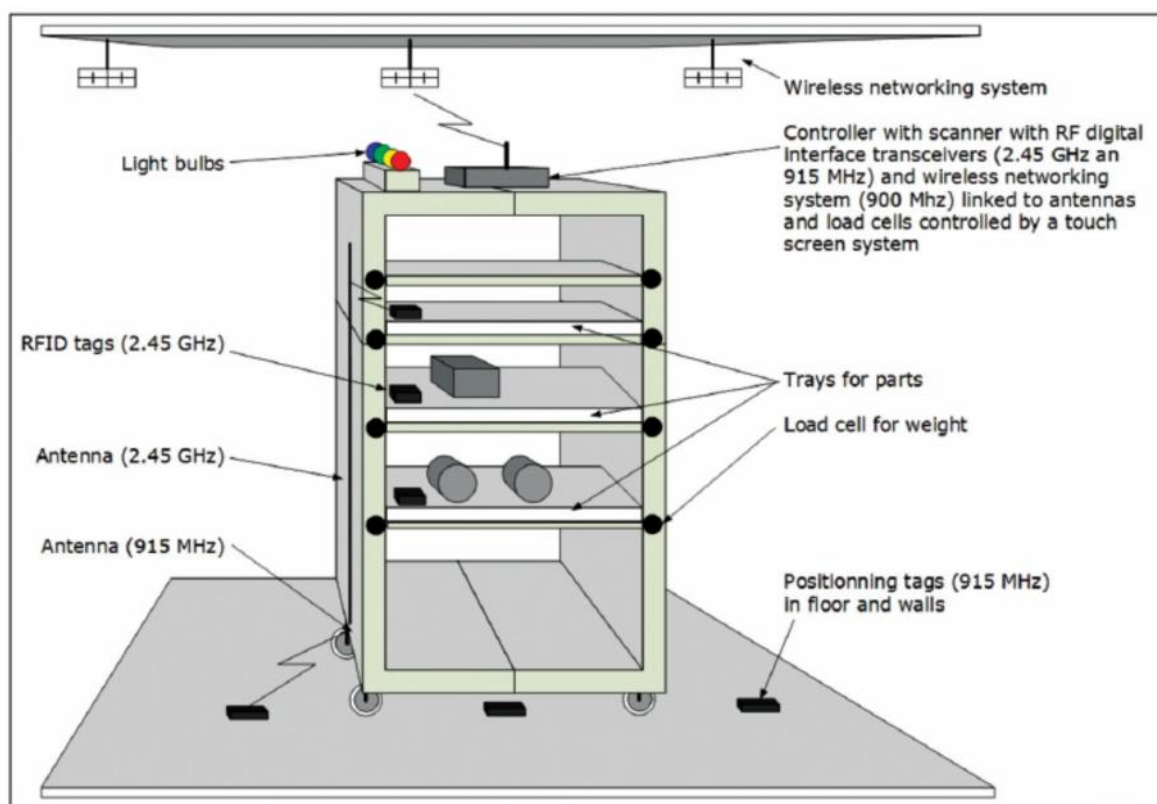


Figura 4.34 – Exemplo de carro master equipado com tecnologia RFID (fonte: Ramudhin et al, 2008)

A contrabalançar as vantagens referidas atrás, esta tecnologia exige um investimento em recursos técnicos e financeiros elevado e um período de implementação alargado.

4.6.4 *Kitting* – Implementação da filosofia *lean*

Na fase de *kitting* foram efectuados vários eventos *kaizen* tendo sido identificadas oportunidades de melhoria na área e na interligação com os seus fornecedores e clientes internos no sentido de maximizar os ganhos para todos os intervenientes do processo.

A área de *kitting* tem como fornecedores internos o armazém (peças novas e recepção de subcontratações), área de inspeção e área de reparação. O cliente interno é a área seguinte no fluxo, ou seja, a montagem de subconjuntos.

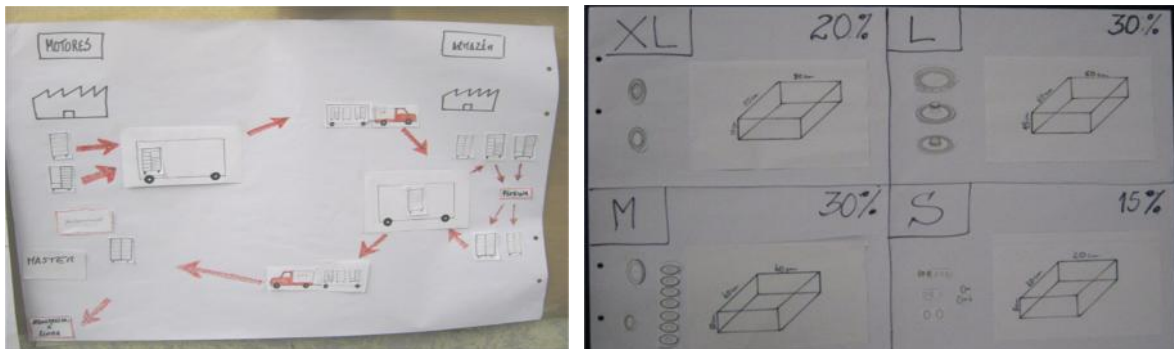


Figura 4.35 – Análise dos percursos internos e dimensões mais adequadas de caixas de transporte (fonte: empresa)

Na interligação com o armazém os seguintes processos foram analisados e otimizados:

- ✓ Fluxo de informação (pedidos de material no sistema informático);
- ✓ Organização do *layout* do armazém de acordo com os pedidos do *kitting*, isto é, organização por módulo, não só no carro *master*, mas também na origem;
- ✓ Análise do processo logístico entre as duas áreas, nomeadamente tipo de contentores e caixas a usar e também periodicidade de envio.



Figura 4.36 – Organização espacial do armazém de peças novas (fonte: empresa)

Uma das oportunidades de melhoria detectadas para melhorar a eficiência no serviço ao seu cliente interno foi a introdução de carros *master*, para serem usados no apoio à montagem dos submódulos e módulos do motor (Medbo, 2003). Estes carros iniciam o seu processo de preenchimento na fase de inspeção, são transferidos para o *kitting*, de seguida movimentados para a montagem e finalmente são “parqueados” numa área segregada a aguardar o regresso ao ciclo.

Este equipamento pode ver visualizado na figura abaixo.

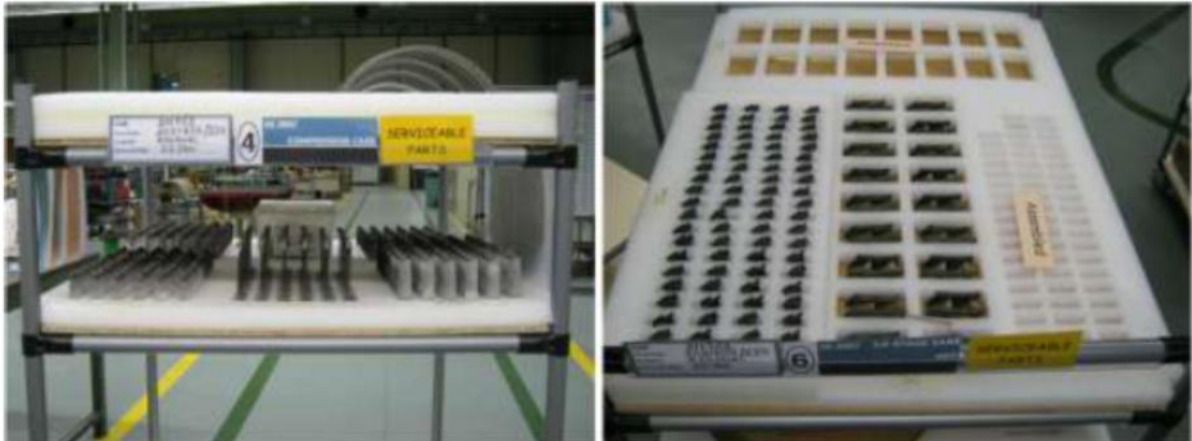


Figura 4.37 – Carros master preenchidos com peças (fonte: empresa)

Com a implementação desta solução pretendeu-se eliminar e/ou minimizar os seguintes problemas:

- ✓ Ausência de fluxo de materiais e de informação;
- ✓ Insuficiente trabalho padrão definido;
- ✓ Perdas de tempo por falta de material.

Os princípios seguidos aquando do projecto dos carros *master* foram os seguintes:

- ✓ Serem robustos, estáveis, baratos e fáceis de alterar caso se considere necessário (ex. melhoria e/ou alteração do processo de montagem);
- ✓ Transportar peças de um motor específico, devidamente identificado (minimiza-se assim a probabilidade de trocas de peças entre motores de diferentes operadores);
- ✓ Existência de elementos de controlo visual entendíveis por todos (ex. tabuleiro preenchido, carro completo). O espaço a ser ocupado pelas peças está em baixo relevo com a configuração das mesmas. O carro quando está completo é “libertada” uma bandeira verde, evidenciando que está pronto para seguir para a fase seguinte, isto é, o processo de montagem;
- ✓ Existência de localização definida para material *expendable*, se possível com recurso a caixa transparente, de modo a facilmente se detectar falta de material;
- ✓ Minimizar a possibilidade de existir danos nas peças, resultado de quedas e/ou impactos (reduzir ao mínimo os movimentos das peças);
- ✓ Funcionar como um *puzzle* estruturado de peças, tendo em atenção a montagem subsequente (tem como referência os processos de montagem utilizados actualmente);
- ✓ Servir de suporte para cartas de trabalho (módulo respectivo) para operações de montagem e/ou reparação;
- ✓ Serem disponibilizados à linha de montagem no momento em que são necessários;

- ✓ Conter notas adicionais/alertas para evitar e/ou prevenir erros aquando da montagem, é especialmente útil quando o motor apresenta configuração não habitual resultado da implementação de boletins de serviço (SB's);
- ✓ Facilitar o processo de *kitting* tendo em atenção as características dos componentes, tais como tamanho, peso e fragilidade.

Adicionalmente, demonstra ser também vantajoso nos seguintes aspectos:

- ✓ Minimizar os movimentos que o mecânico executa para obter o material pretendido;
- ✓ Conhecimento da localização do material pretendido;
- ✓ Permite através da análise rápida identificar material incorrectamente fornecido;
- ✓ Facilita actividade de formação/aprendizagem para novos elementos;
- ✓ Promover melhoria continua para o processo (posição das peças e distribuição das mesmas no tabuleiro respectivo);
- ✓ Promover submontagens simples e repetitivas, efectuadas por técnicos menos experientes, usando o carro de transporte das peças como bancada de trabalho (ex. colocar *o'rings* em estatores variáveis);
- ✓ Facilmente se observa que uma peça não cumpre os requisitos de limpeza e/ou outros necessários para a montagem.

A organização espacial da área de *kitting* também foi analisada, tendo sido seguidos os seguintes princípios para a reestruturação do local:

- ✓ Zonas de recepção de peças bem definidas por fluxo de origem;
 - Peças vindas da inspecção – transportadas em carros *master*;
 - Peças vindas de armazém;
 - Peças de reparação;
 - Peças de subcontratação.
- ✓ Totalidade dos carros *master*, de um motor específico, dispostos em linha. No topo de cada linha (zona de circulação pedonal principal) está identificado o S/N do motor respectivo e datas previstas para cumprimento dos prazos;
- ✓ Cada carro *master* ocupa sempre a mesma disposição, ou seja, olhando no corredor lateral consegue-se visualizar todos os módulos similares dos diferentes motores. Deste modo reduz-se o tempo sempre que seja necessário efectuar trocas e ou canibalizações de peças entre motores;
- ✓ Motores de modelos diferentes (motor *turbofan* e *turboprop*) em áreas distintas;

- ✓ Fluxo de carros bem definidos e distintos, entrada por uma porta (mais próxima da área emissora – inspecção, reparação etc), e saída por uma porta lateral na área do início do fluxo de montagem;
- ✓ Acesso condicionado, impedindo a circulação de técnicos não afectos às actividades de *kitting*.



Figura 4.38 – Vista da área de *kitting* e zona de recepção de caixas vindas do armazém (fonte: empresa)

De um modo geral conseguiu-se uma organização espacial facilmente entendível por todos, elevado controlo visual, minimizou-se o desperdício e credibilizou-se a área (especialmente relevante aquando de auditorias internas e externas).

4.6.5 Montagem de submódulos – Implementação de trabalho padrão

Nos eventos *kaizen* foi identificada, para a área de montagem, a necessidade de se alterar o processo até então usado. Os motores eram montados em quatro plataformas óleo hidráulicas distintas, sendo utilizada uma ponte rolante para movimentar os módulos a serem instalados; todas as peças, *expendables* e demais recursos e produtos eram movimentados para essa zona.

O processo concentrava num único local o fluxo produtivo, resultando num deficiente:

- ✓ planeamento de tarefas;
- ✓ alocação de recursos;
- ✓ controlo visual da progressão da montagem;
- ✓ fluxo de informação e peças;
- ✓ detecção prematura de problemas (que inviabilizem o normal decorrer dos trabalhos).

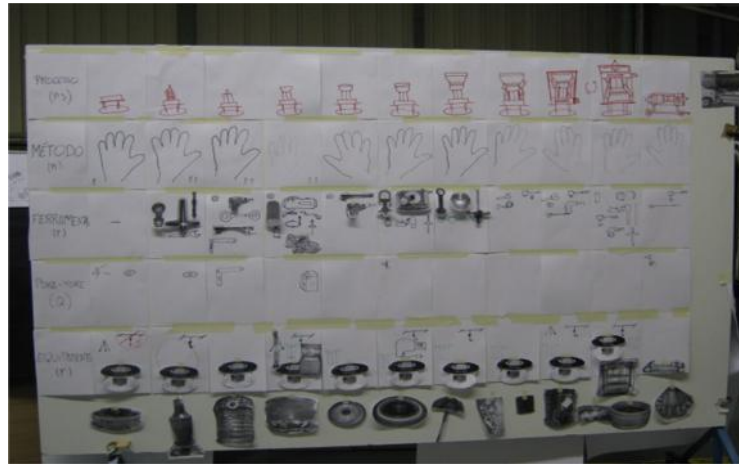


Figura 4.39 – Análise inicial das etapas necessárias para montar um motor (fonte: empresa)

Como solução dos problemas identificados, a equipa decidiu seguir o conceito *lean* e analisar a possibilidade de utilização de uma linha de montagem com fluxo. Num evento *kaizen* inicial foi implementada uma linha final pulsada, similar à usada na desmontagem e em outras empresas concorrentes. Com este *layout* existia fluxo, ou seja, o motor progredia ao longo das fases, ultrapassando deste modo várias das limitações identificadas anteriormente, mas a equipa afectada ao processo de melhoria, não estava suficientemente satisfeita com os resultados obtidos.

Com o objectivo de melhorar sempre, inovar e quebrar paradigmas foi determinado que o futuro deveria ser a criação de uma linha móvel, isto é, o motor efectuaria todas as tarefas de montagem num dispositivo a velocidade constante sendo unicamente interrompido em situações de excepção (não desejável). Concluiu-se que o modelo a seguir seria o das linhas de produção automóvel, origem da filosofia *lean*.

Algumas das vantagens, que foram identificadas, são as seguintes:

- ✓ Permite identificar fraquezas do processo e pontos de desperdício;
- ✓ Sumariza as melhores práticas identificadas até à data;
- ✓ Utilização de ferramenta de controlo visual para assegurar que a operação está a progredir de acordo com os *standards*;
- ✓ Permite identificar potenciais problemas tais como: demasiado “andar”, demasiado “espera”, demasiado “conflito de processo”;
- ✓ Possibilita a implementação de *problem solving*;
- ✓ Ferramenta de formação aquando da admissão de novos operadores;
- ✓ Reduz o custo de processo minimizando o número de processos requeridos.

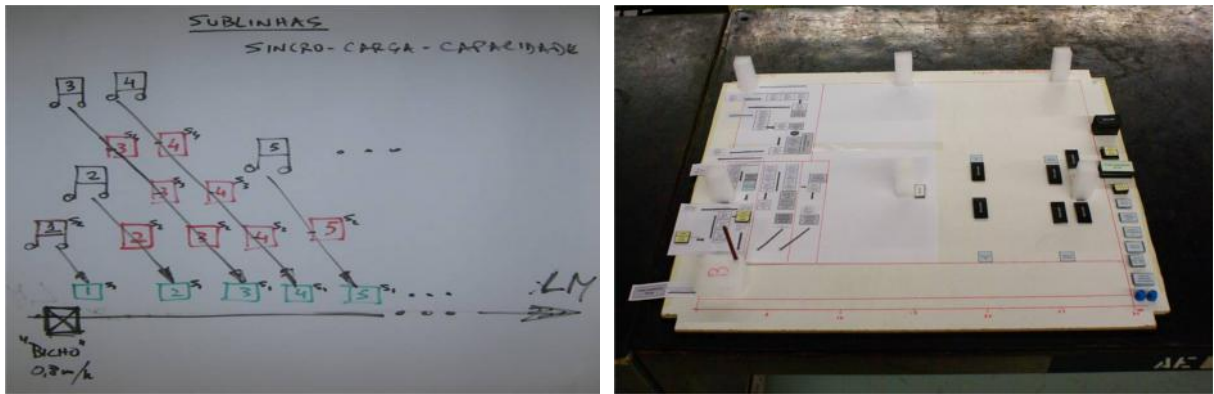


Figura 4.40 – Análise do conceito da criação de sublinhas(fonte: empresa)

Para se implementar uma linha móvel, diversos estudos foram efectuados na empresa tendo-se iniciado com a definição das sublinhas de abastecimento á linha final móvel, tendo também como referência os estudo de (Hu et al, 2011) e (Otto & Scholl, 2011).

As sublinhas são estruturas criadas para suportar a montagem dos módulos e submódulos do motor. De um modo sucinto são constituídas por bancadas de trabalho, elementos de suporte de ferramentas específicas, ocupam um determinado espaço físico e são orientadas / organizadas de modo a facilitar o controlo visual e também o fluxo contínuo do processo.

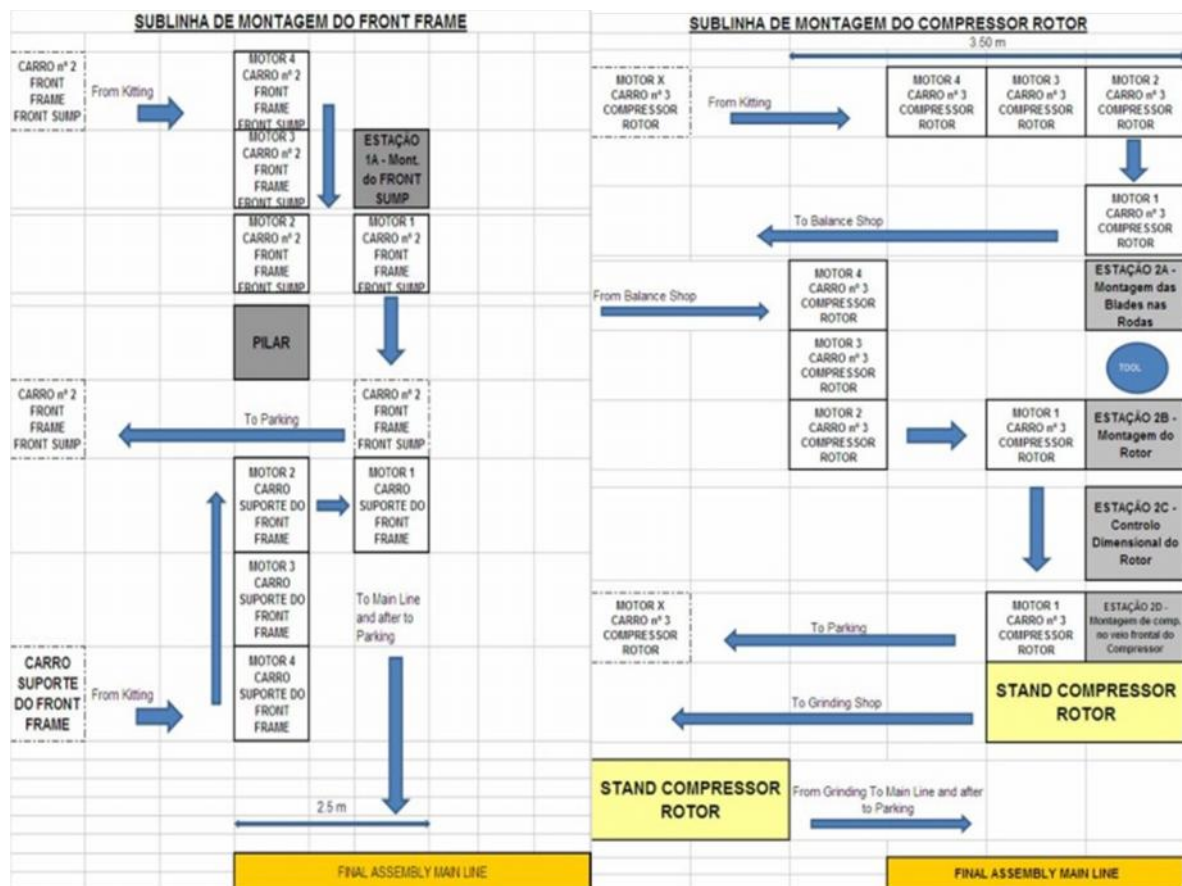


Figura 4.41 – Análise da organização espacial das sublinhas(fonte: empresa)



Figura 4.42 – Implementação das sublinhas (fonte: empresa)

Existe uma área bem definida de recepção de carros *master*, o mais próximo possível da área de *kitting* (início da sublinha) e uma área de módulo montado, pronto a ser utilizado pela linha principal (fim da sublinha).

Os aspectos considerados aquando da criação do *layout* das sublinhas, foram os seguintes:

- ✓ Minimizar espaço ocupado;
- ✓ Minimizar espaço percorrido;
- ✓ Fazer sentido para todos (espaços bem definidos e marcados);
- ✓ Controlo visual;
- ✓ Permitir fluxos de movimentação de peças e pessoas bem definidos (ex. movimentação de módulos para a reparação antes de montagem final).

A abordagem inicial para balancear as sublinhas foi a seguinte:

- ✓ Cumprir o *takt time*;
- ✓ Identificar correctamente o nº mínimo de pessoas necessárias para efectuar o trabalho;
- ✓ Identificar as datas em que os módulos e submódulos necessitam de estar montagem para a linha final;
- ✓ Não utilizar processos complexos de planeamento (ex. utilização de *softwares*), mas, em alternativa, recorrer a soluções mais simples possíveis, tais como cumprir datas previstas e controlo visual (por ex. se acumular muito produto não processado numa determinada sublinha, existe um problema que urge resolver);
- ✓ Considerar o recurso de mecânico como sempre disponível, tendo como objectivo entregar o módulo montado no momento necessário ou antecipar e criar um stock mínimo;
- ✓ Promover uma polivalência e flexibilidade dos recursos humanos de modo a possibilitar a sua utilização em qualquer sublinha existente.

4.6.6 Montagem final - Implementação da filosofia *lean* (linha móvel)

Os critérios usados na definição do *layout* da linha de montagem final são idênticos aos seguidos para as sublinhas apresentadas anteriormente, nomeadamente quanto à utilização de recursos humanos, materiais, espaço e outros.

A linha de montagem final é suportada por um dispositivo de transporte móvel de velocidade constante alimentado electricamente, sendo constituído por:

- ✓ uma plataforma elevatória óleo hidráulica na zona central (permite movimentos verticais para facilitar a instalação dos vários módulos a diferentes alturas);
- ✓ uma coluna giratória (permite movimentos de rotação sobre o seu eixo para “capturar” os módulos e transportá-los para a plataforma central);
- ✓ uma plataforma elevatória óleo hidráulica secundária (permite movimentos verticais para que o mecânico trabalhe a diferentes alturas);
- ✓ Suporte para ferramentas de trabalho necessárias;
- ✓ Suporte para computador, de modo a viabilizar a consulta de publicações técnicas;
- ✓ Suporte para carros *master* da montagem final. Estes carros seguem o mesmo percurso do carro de transporte móvel, estando ligados provisoriamente a este, durante o período de montagem final.

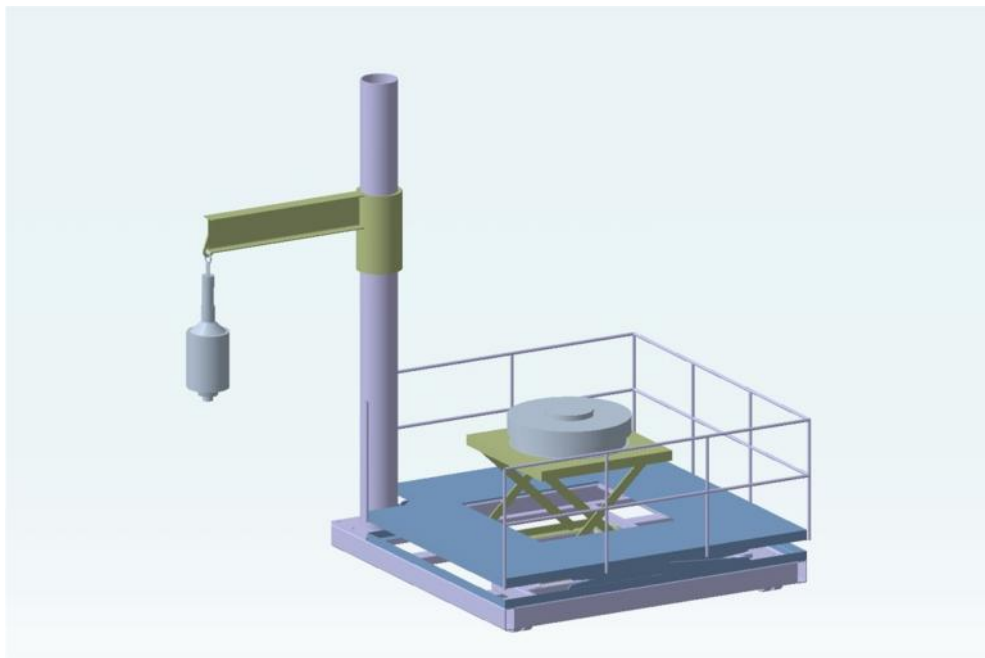


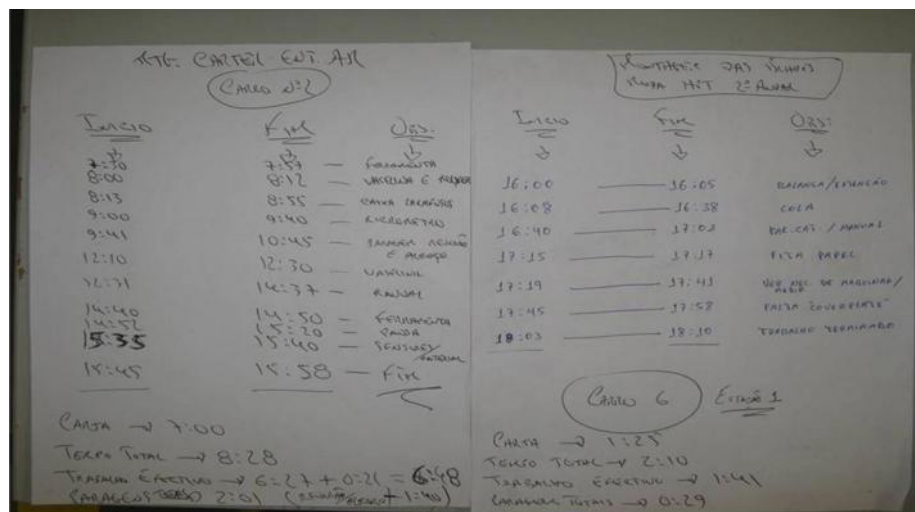
Figura 4.43 – Dispositivo de transporte móvel de velocidade constante – projecto (fonte: empresa)

A velocidade é de 1 m/h e os módulos a montar estão em zonas bem identificadas e marcadas. Com o trabalho padrão bem definido, e com velocidade constante, o mecânico precisará dos módulos prontos sempre na mesma localização física. Da análise efectuada concluiu-se que o número de mecânicos na linha móvel são dois, de modo a otimizar as tarefas necessárias.

O espaço a percorrer é de 32 metros, resultando que o motor estará montado em dois dias (32 horas úteis), utilizando-se, para tal, dois períodos de trabalho diário.

O *takt time* foi definido na fase inicial do evento *kaizen* (de acordo com a fórmula apresentada no parágrafo 2.4.9), e é igual a um motor montado por dia. Como se pode facilmente concluir a empresa terá que ter na zona de montagem final dois dispositivos de transporte móvel para obter a cadência de entregas necessárias.

Este valor de *takt time* reproduz a procura dos clientes actuais (tendo alguma folga para acomodar picos de procura) e foi usado para dimensionar as sublinhas de abastecimento à principal, não só em termos de módulos e submódulos montados por unidade de tempo mas também os recursos humanos e materiais (nomeadamente ferramentas) afectos a estas actividades.



Cronometragem Tempos					
SL	Tempo Estimado de Ciclo	Tempo Real de Ciclo	Tempo Efectivo de Ciclo	Paragens	
				Outros	Reunião/Almoço
2	7:00	8:28	6:27	0:21	1:40
6	1:25	2:10	1:41	0:29	na

Figura 4.44 – Estudo dos tempos para implementação da linha móvel (fonte: empresa)

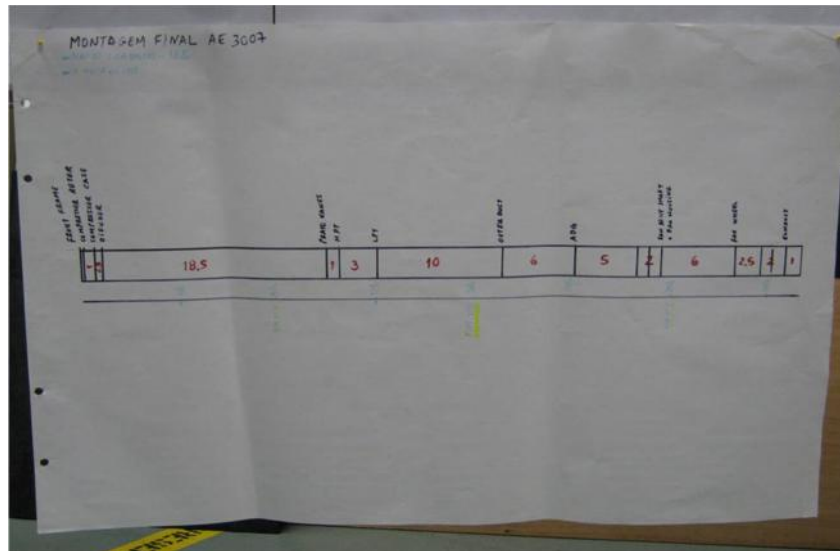


Figura 4.45 – Estudo dos tempos e distâncias para implementação da linha móvel – recolha dos módulos (fonte: empresa)

Deste modo, e de uma forma repetitiva e regular os motores são disponibilizados para ensaio a uma cadência bem definida, com as consequentes vantagens para as mais diversas áreas da empresa, bem como para os seus clientes que recebem o seu motor na data acordada. Alguns desses benefícios são apresentados de seguida:

- ✓ Permite obter elevada utilização de mão de obra e equipamentos;
- ✓ Facilita actividades de planeamento;
- ✓ Facilita actividades da cadeia logística;
- ✓ Permite a optimização do trabalho padrão;
- ✓ Melhor resultados em termos de segurança e ergonomia;

4.7 Resultados

Após apresentação, nos subcapítulos anteriores, de algumas das oportunidades de melhoria implementadas, sintetiza-se de seguida quais os resultados obtidos, tendo como referência a tabela de objectivos apresentada na introdução do estudo de caso. Para tal, a recolha de dados foi obtida através do método da observação directa, observação participante, de questionário dos recursos humanos e também das métricas utilizadas na empresa ao longo do tempo.

Objectivos	Resultados obtido - Evidência
TAT reduzido (de acordo com mercado)	TAT's mais consistentes e reduzidos. Nem todos os motores ainda o cumprem, mas analisando a figura 4.46 e 4.47 detecta-se um padrão de redução e estabilização nítido.

<p>Qualidade do produto</p>	<p>O principal cliente (responsável por 90% da facturação), avalia este indicador e a empresa tem estado sistematicamente no verde, isto é, com nº de reclamações igual ou inferior a um por trimestre. Refª figura 4.48.</p>
<p>Controlo visual do processo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existência de fluxo - (pulsado) na desmontagem, (contínuo) na montagem; ✓ Utilização de cores distintas nas marcações no gemba; ✓ Diversos dispositivos aplicados nos carros <i>master</i>; ✓ Existência de marcações para indicar prioridades e localização das ferramentas, carros <i>master</i>, etc; ✓ Utilização de zonas bem definidas para todas as actividades; ✓ Utilização de quadros, ecrãs e etiquetas várias para apresentação de informação relevante do processo; <p>As principais evidências são: o <i>feedback</i> dos clientes aquando de visitas no gemba e o facto de se conseguir saber a cada momento o que se está a passar no fluxo produtivo ao circular no <i>gemba</i>.</p>
<p>Fluxo de informação e de material em simultâneo</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acompanhamento dos inspectores na fase Tc-T1, resulta que todas as actividades são registadas no sistema informático à medida que iniciam o fluxo; ✓ Os carros <i>master</i> suportam todas as cartas de trabalho que acompanham as peças; ✓ Optimização do sistema informático; <p>As principais evidências são: a entrega e fecho dos processos documentais aquando do fim das etapas produtivas possibilitando a emissão dos certificados</p>

	de aeronavegabilidade, encerramento dos projectos e facturação logo após entrega do motor.
Satisfação dos colaboradores	Analisando o questionário interno de clima organizacional é possível concluir que existe um incremento no nº de respostas favoráveis às perguntas referentes à implementação do programa corporativo E+ e dos eventos <i>kaizen</i> ; tendo-se obtido em 2011 63% e 81% respectivamente (figura 4.49).

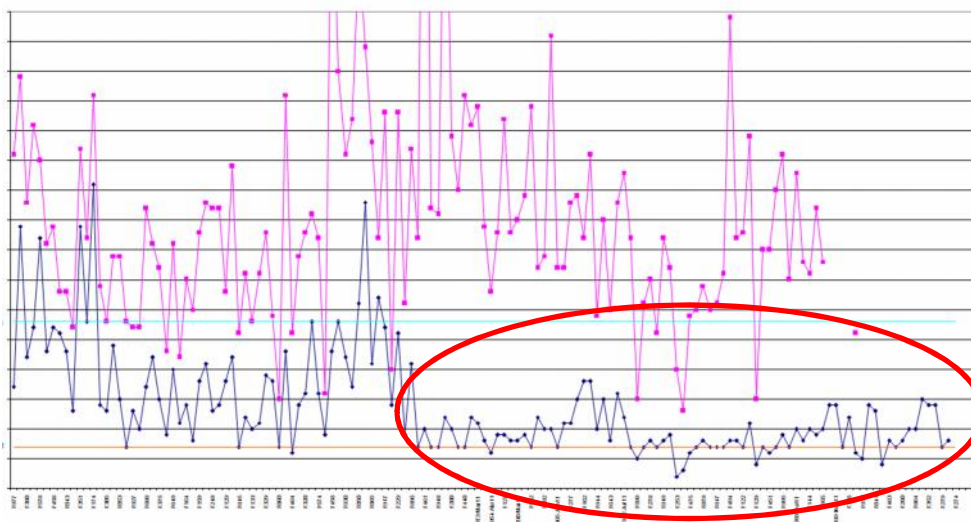


Figura 4.46 - Evolução do TAT motor AE 3007 refª ano de 2011 (fonte: empresa)

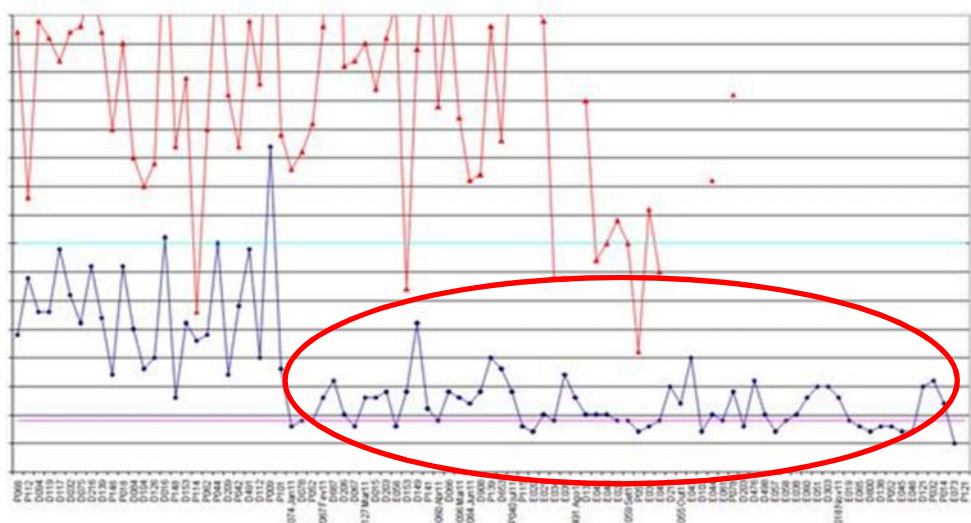


Figura 4.47 – Evolução do TAT motor AE 2100 refª ano de 2011 (fonte: empresa)

QUALITY		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
# of Problem Investigation Reports	0 (Green); < 4 (Amber); > 4 or delinquent (Red)		1	1
MQI's	0 (Green); ≥ 1 (Red)			

CUSTOMER SAT		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
Customer Complaints / Survey Results	0 (Green); ≥ 1 (Amber); ≥ 2 or delinquent (Red)			
Flexibility	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			
Average EAF A/EDI Feed Back Results	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			

QUALITY		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
# of Problem Investigation Reports	0 (Green); < 4 (Amber); > 4 or delinquent (Red)			1
MQI's	0 (Green); ≥ 1 (Red)			

CUSTOMER SAT		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
Customer Complaints / Survey Results	0 (Green); ≥ 1 (Amber); ≥ 2 or delinquent (Red)			
Flexibility	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			
Average EAF A/EDI Feed Back Results	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			

QUALITY		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
# of Problem Investigation Reports	0 (Green); < 4 (Amber); > 4 or delinquent (Red)			
MQI's	0 (Green); ≥ 1 (Red)			

CUSTOMER SAT		SCORING CRITERIA	Month	Year To Date
Customer Complaints / Survey Results	0 (Green); ≥ 1 (Amber); ≥ 2 or delinquent (Red)			
Flexibility	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			
Average EAF A/EDI Feed Back Results	Acceptable (Green), Marginal (Amber), Unacceptable (Red)			

Figura 4.48 – Avaliação da qualidade do produto entregue refª 1º trimestre de 2012 (fonte: empresa)

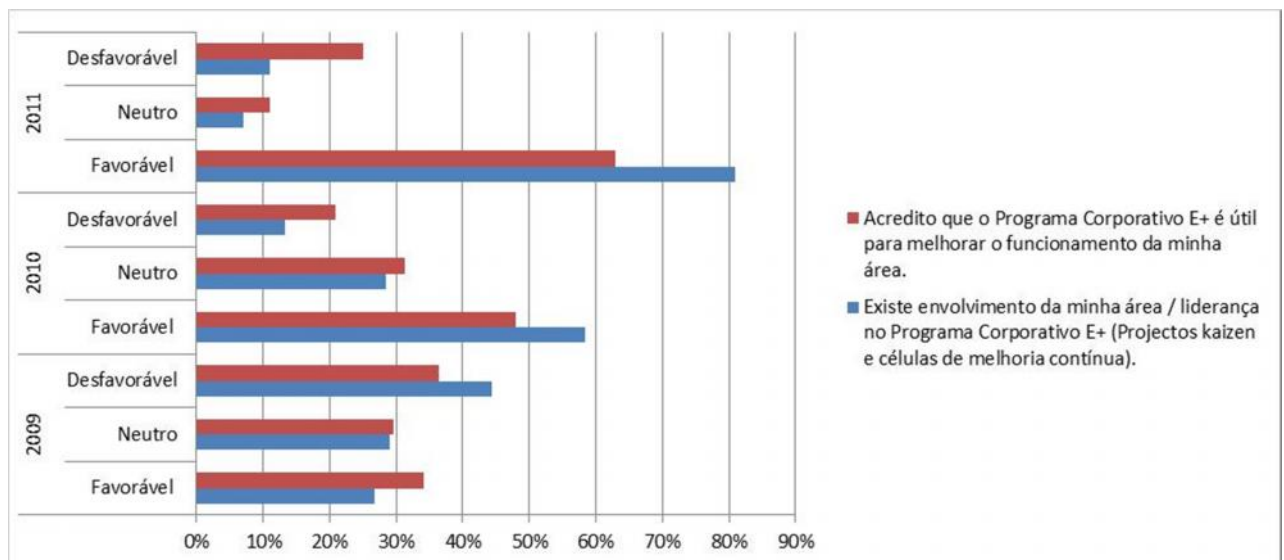


Figura 4.49 – Resultado do questionário interno ao clima organizacional (fonte: empresa)

5 - CONCLUSÃO

Da análise efectuada no estudo de caso pode-se concluir que a empresa está num estágio de *leanness* nível 3 tendo em consideração a classificação proposta por Wilson, 2010. O nível seguinte envolve a utilização no seu máximo de potencial de várias ferramentas *lean*, e objectivamente a empresa ainda não o atingiu. Muitos passos já foram dados, a filosofia já está integrada na cultura da empresa e dos seus colaboradores, e todos concordam que a filosofia tem um potencial tremendo, mas ainda se perspectiva um longo caminho até se atingir um nível superior. Adicionalmente as métricas de avaliação do processo ainda estão numa fase de consolidação, tendo que ser implementados novos indicadores para avaliar e posteriormente otimizar os processos.

Oportunidades de melhoria são diariamente identificadas, tendo algumas delas, as que apresentam maior potencial, sido incluídas em eventos *kaizen* a realizar no curto prazo. As equipas, são a fonte da melhoria contínua; actualmente os colaboradores não se sentem confortáveis com um processo sugerem ideias para o alterar. Esta mudança de atitude, para uma postura mais pró-activa é também um dos pilares da filosofia *lean* que está a ser consolidado.

Os clientes externos ao visitarem a empresa, reconhecem o esforço de melhoria realizado, as alterações ao nível de fluxo, controlo visual do processo e valorizam sobretudo a consistência dos resultados obtidos quanto à entrega do produto final. Realçam também o facto da empresa estar a inovar, e ser pioneira a nível mundial, utilizando uma linha móvel na montagem final dos motores. Muitos dos clientes externos duvidavam da implementação de uma linha móvel aplicada a um processo de manutenção (com elevada variabilidade), mas com o passar do tempo reconhecem as vantagens da sua utilização.

O processo de manutenção de motores (fase de montagem final) sendo devidamente detalhado tecnicamente, pode seguir os mesmos princípios de qualquer linha de montagem do sector produtivo; esta afirmação é mais facilmente sustentável quando os produtos intervencionados atingem volumes processados elevados.

Nas diversas áreas onde foram aplicadas as ferramentas *lean*, foram conseguidos ganhos de produtividade na ordem de 20 a 30%, isto é, manteve-se a utilização de recursos mas obteve-se um incremento nos *outputs*.

Quanto à competitividade, a empresa aumentou a sua quota de mercado, resultado da sua melhoria de cumprimento de prazos, bastante valorizado pelos clientes e também pelo facto de um seu concorrente ter abandonado a manutenção desta família de motores. Actualmente a

empresa (neste segmento de mercado), tem três concorrentes a nível mundial, todos eles no continente americano. A quota de mercado está sensivelmente equilibrada, recebendo cada um dos centros de manutenção, um número de motores próximo dos 25%; pode-se deste modo concluir que a competitividade da empresa é adequada ao mercado, mantendo não só as frotas do continente europeu e africano, próximas geograficamente, mas também motores vindos do continente americano. Neste último caso a empresa tem que prestar um serviço a um preço competitivo de modo a compensar o acréscimo dos custos logísticos de atravessar o Atlântico, comparando com os competidores, todos eles com instalações mais próximas dos operadores.

Em resumo e finalmente propõe-se a resposta à questão relevante de investigação que passamos a recordar: **“Como é que, através da implementação dos princípios da filosofia *lean* à manutenção de motores aeronáuticos, se consegue uma redução no TAT?”**, a empresa deverá continuar a fazer uso do seu bem mais precioso que são as pessoas, colocando à sua disposição todas as ferramentas *lean* já identificadas; destacando-se com maior impacto no estudo de caso, o VSM, o trabalho padrão, o controlo visual, o 5 S, o TPM e a linha de montagem móvel. Deste modo a empresa consegue manter e incrementar a sua produtividade e competitividade (ver de seguida modelo conceptual que ilustra e sintetiza as conclusões do estudo de caso).

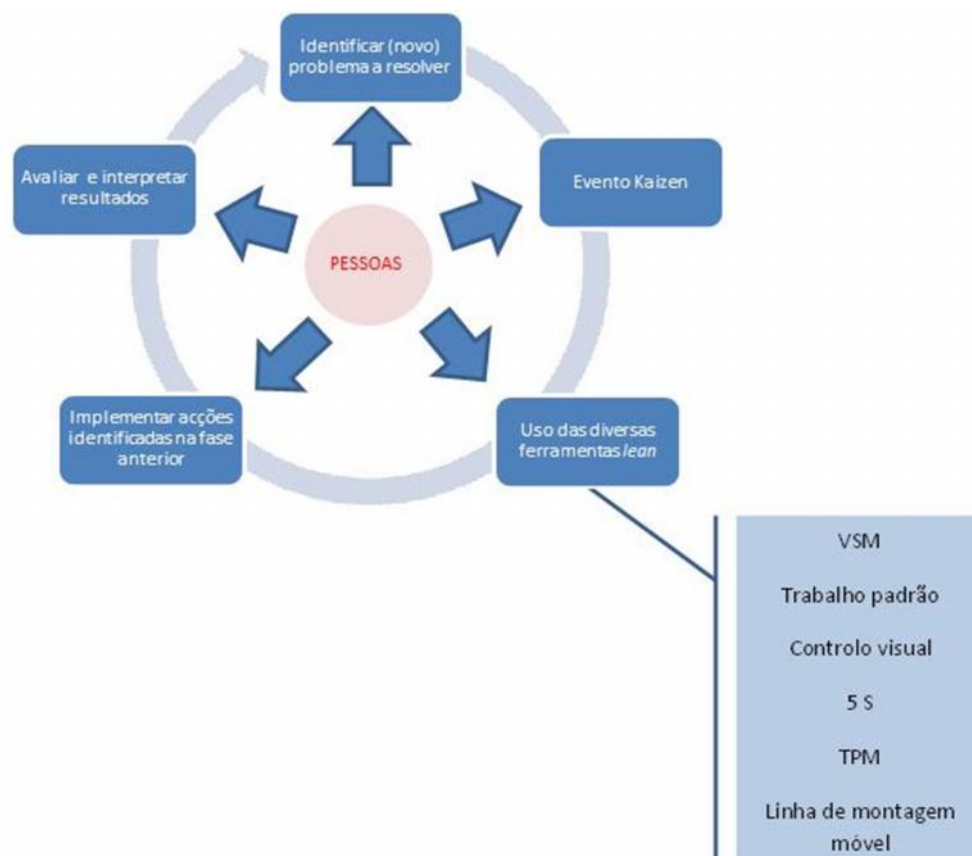


Figura 5.1 – Conclusões do estudo de caso - Modelo conceptual

Esta atitude deve, não só, ser implementada no sector produtivo, objecto deste estudo mas também ser estendido e mantido em todas as áreas da empresa. As exigências dos clientes em termos de qualidade, prazo de entrega de produto e custo são constantes e com tendência a aumentar, deste modo o processo de melhoria tem que ser contínuo, para manter clientes satisfeitos e não ser ultrapassado pela concorrência. Citando Charles Darwin, e extrapolável ao contexto empresarial, não é a espécie mais forte que sobrevive, nem a mais inteligente, mas aquela que mais rapidamente se adapte à mudança. Deste modo, só as empresas com maior capacidade de adaptação e que consigam antecipar e interpretar as necessidades do clientes irão sobreviver e manter-se competitivas.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No decurso do trabalho efectuado, até pela sua duração limitada no tempo e abrangência dos temas estudados, várias são as áreas em que não foi possível uma atenção tão profunda como a desejável. Como tal, recomenda-se para trabalhos futuros uma análise mais detalhada aos seguintes:

- ✓ Utilização de tecnologia mais recente no processo de reparação – perspectiva-se a melhoria na produtividade. São exemplos a utilização de centros de maquinagem que integrem diferentes processos de maquinagem e de controlo dimensional e novos equipamentos para soluções de reparação com TAT mais longos (ex. *water jet stripping*);
- ✓ Introdução progressiva de células de trabalho para reparação de peças;
- ✓ Articulação das actividades de planeamento no processo produtivo, com o objectivo de ajustar a variabilidade das intervenções e número de motores em oficina, à necessidade de se cumprir uma data de entrega do produto;
- ✓ Análise de implementação de RFID (referido no subcapítulo 4.6.3) e também de *paperless* (todo o sector de MRO, em breve, deverá integrar esta solução);
- ✓ Identificação e implementação de métricas integradas para avaliação dos diferentes processos;
- ✓ Análisar hipóteses de melhoria das condições oferecidas aos recursos humanos, com o intuito de melhorar a sua produtividade. Os colaboradores motivados são o factor mais decisivo em qualquer processo de melhoria.

REFERÊNCIAS

Abdel-Maksoud A., Cerbioni F., Ricceri F. & Velayutham S. (2010). *Employee morale, non-financial performance measures, deployment of innovative managerial practices and shop-floor involvement in Italian manufacturing firms*. *The British Accounting Review* 42, 36–55.

Abdulmalek, F. & Rajgopal, J. (2007). *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*. *International Journal Production Economics* 107, 223–236.

Alvarez, R. & Antunes, J. (2001). *Takt Time: Conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção*. Centro de Produção Integrada (GPI) da EP e do PEP/COPPE.

Amaro, A & Pinto, J. (2006). *Criação de valor e eliminação de desperdícios*. *Revista Qualidade*. Acessível em <http://www.Leanthinkingcommunity.org/livrosrecursos/netsc013.pdf> (consultado em 02-Fev-2012).

Amasaka, K. (2007). *Applying New JIT—Toyota’s global production strategy: Epoch-making innovation of the work environment*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 23, 285–293.

Apreutesei, M., Suciu, E. & Arvinte, I. (2010). *Lean Manufacturing – A powerful tool for reducing waste during the processes*. *Analele Universitatii Anul XVII, N.2, ISSN 1453-7397*.

Bayou, M. & de Korvin, A. (2008). *Measuring the leanness of manufacturing systems - A case study of Ford Motor Company and General Motors*. *J. Eng. Technol. Management*, 25, 287–304.

Brah, S. A. & Chong W.-K. (2004). *Relationship between total productive maintenance and performance*. *International Journal of Production Research*, 42:12, 2383-2401.

Cakmacki, M. & Karasu M. (2008). *Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of*

automobile industry. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Volume 33, Numbers 3-4, 334-344.

Chakravorty, S. (2009). *Six Sigma programs: An implementation model*. International Journal Production Economics 119, 1–16.

Chakravorty, S. & Hales, D. (2008). *The evolution of manufacturing cells: an action research study*. European Journal of Operational Research 188, 153–168.

Chen, J., Ye, L. & Shady, B. (2010). *From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study*. International Journal of Production Research, 48:4, 1069-1086.

Chen R. & Subramaniam V. (2012). *Increasing production rate in Kanban controlled assembly lines through preventive maintenance*. International Journal of Production Research. Volume 50, Issue 4, pages 991-1008.

Chiarini, A. (2011). *Integrating lean thinking into ISO 9001: a first guideline*. International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 2 Iss: 2, pp.96 – 117.

Cianfrani C. & West J. (2010). *Cracking the Case of ISO 9001:2008 for Manufacturing: A Simple Guide to Implementing Quality Management in Manufacturing*. American Society for Quality.

Ciconelli, C. (2007). *Estudo de caso: aplicação da ferramenta kaizen no processo de recirculação de tintas no setor de pintura de uma indústria automotiva*. XIII, 32 p. (UFJF, Graduação, Engenharia de Produção).

Coelho, J. (2008). *Implementação da Total Productive Maintenance numa empresa de produção*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Demeter, K. & Matyusz, Z. (2009). *The impact of lean practices on inventory turnover*. International Journal of Production Economics.

-
- Easton, G. (2010). *Critical realism in case study research*. *Industrial Marketing Management* 39, 118–128.
- Eisenhardt, K. (1989). *Building Theories from Case Study Research*. *Academy of Management Review*, vol.14, n°4. pg.532-550.
- Eswaramoorthi, M., Kathiresan, G., Jayasudhan, T., Prasad, P & Mohanram, P. (2011). *Flow index based line balancing: a tool to improve the leanness of assembly line design*. *International Journal of Production Research*, 1–14.
- Gallardo, C. (2007). *Princípios e Ferramentas do Lean Thinking na Estabilização Básica: Diretrizes para Implantação no Processo de Fabricação de Telhas de Concreto Pré-Fabricadas*. Campinas - SP.
- Ghalayini, A., Noble, J & Crowe, T (1997). *An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness*. *International Journal of Production Economics* . Volume 48, Issue 3 , P 207–225.
- Grassi, D. (2008). *Metodologia Científica Aplicada - Estudo de Caso Planejamento e Métodos*. Acessível em [http://scholar.google.pt/scholar?q=Grassi%](http://scholar.google.pt/scholar?q=Grassi%20) (consultado em 02-Fev-2012).
- Green, S. & May, S. (2005). *Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'leanness'*. *Building Research & Information*, 33:6, 498-511.
- Grout, J. & Toussaint, J. (2010). *Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start*. *Business Horizons* 53, 149—156.
- Hamel, J., Dufour, S. & Fortin, D. (1993). *Case Study Methods, Qualitative Research Methods*, Vol.32. SAGE Publications.
- Hardy M. (2010). *Pareto's Law*. *The Mathematical Intelligencer*, Volume 32, Number 3, 38-43.

- Herron, C. & Hicks, C. (2008). *The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 24, 524–531.
- Holweg, M. (2007). *The genealogy of lean production*. Journal of Operations Management 25, 420–437.
- Hu S., Ko J., Weyand L., ElMaraghy H., Lien T., Koren Y., Bley H., Chryssolouris G., Nasr N. & Shpitalni M. (2011). *Assembly system design and operations for product variety*. CIRP Annals - Manufacturing Technology 60, 715–733.
- Inman R. & Blumenfeld, D. (2010). *Assembly line team sizing with absenteeism*. International Journal of Production Research, 48:22, 6537-6558.
- Jeon, J., Kim, C. & Lee, H. (2011). *Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): a three-stage data envelopment analysis (DEA) approach*. Total Quality Management & Business Excellence, 22:8, 911-924.
- Junior M. & Filho M. (2008). *Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação*. Gest. Prod. vol. 15 nº 1 São Carlos.
- Junior, M & Filho, M. (2010). *Variations of the kanban system: Literature review and classification*. International Journal Production Economics 125, 13–21.
- Kamada, S. (2009). *Como operar um andon*. Lean Institute Brasil. Acessível em www.lean.org.br (consultado em 02-Fev-2012).
- Konecny, P. & Thun, J (2011). *Do it separately or simultaneously - An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance*. International Journal Production Economics 133 496–507.
- Krumar, S. & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management*. 2nd edition. New Age International (P) Ltd., Publishers.

-
- Lander, E. & Liker, J. (2007). *The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way*. International Journal of Production Research, 45:16, 3681-3698.
- Li, J. & Blumenfeld, D. (2006). *Quantitative analysis of a transfer production line with Andon*. Manufacturing Systems Research Laboratory, GM Research & Development Center. IIE Transactions 38, 837–846.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Macgraw-Hill.
- Lippolt C. & Furmans K. (2008). *Sizing of Heijunka-controlled Production Systems with Unreliable Production Processes*. Lean Business Systems and Beyond - IFIP Advances in Information and Communication Technology, Volume 257, 11-19.
- Locher, D. (2008). *Value Stream Mapping for Lean Development – A How-To Guide for Streamlining Time to Market*. Productivity Press. New York.
- Meirinhos, M. & Osório, A. (2010). *O estudo de caso como estratégia de investigação em educação*. EDUSER: Revista de educação, Vol 2(2).
- Melton, T. (2005). *The benefits of lean manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Institution of Chemical Engineers Trans ICE Part A.
- Menezes, J. (1996). *Os portos e a competitividade nacional, algumas notas*. Revista portuguesa de gestão p. 33 – 44.
- Menezes, M. (2009). *Do método do caso ao case: a trajetória de uma ferramenta pedagógica*. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.35, n.1, p. 129-143.
- Medbo, L. (2003). *Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems*. International Journal of Industrial Ergonomics 31, 263–281.

- Mintzberg, H. (1979). *An Emerging Strategy of “Direct” Research*. Administrative Science Quarterly, vol. 24, nº 4, Dec.1979, pg. 582-589.
- Moreira, A. & Pais, G. (2011). *Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation*. Journal Technology Management & Innovation, Volume 6, Issue 1.
- Nakajima, S. (1998). *Introduction to TPM; Total Productive Maintenance*. Productivity Press, Inc.
- Nevado, P. P. (1999). *A metodologia do estudo de casos na investigação em gestão: questões preliminares*. ISEG - Artigo para publicação no livro de Homenagem ao Professor Doutor Rogério Fernandes Ferreira.
- OECD (2010). *Measuring productivity. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth*. Acessível em www.oecd.org (consultado em 02-Fev-2012).
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre, Bookman.
- Otto A. & Scholl A. (2011). *Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing*. European Journal of Operational Research 212, 277–286.
- Parry, G. & Turner, C. (2006). *Application of lean visual process management tools*. Production Planning & Control: The Management of Operations, Volume 17, Issue 1, pages 77-86.
- Pattanaik L. & Sharma B. (2009). *Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 42, Numbers 7-8.
- Penfield, P. (2006). *The Lean Process and Its Impact on Manufacturing and Distribution*. Acessível em www.mhia.org (consultado em 02-Fev-2012).

-
- Pereira, M. (2005). *Factores de Competitividade e Desempenho empresarial: um estudo aplicado ao sector da cerâmica em Portugal*. Universidade de Aveiro. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento lean – A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel – edições técnicas.
- Porter, M. (1998). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press, New York.
- Ramudhin, A., Paquet, M., Artiba, A., Dupré, P., Varvaro, D. & Thomson, V (2008). *A generic framework to support the selection of an RFID - based control system with application to the MRO activities of an aircraft engine manufacturer*. *Production Planning & Control*, 19:2, 183-196.
- Reis, M. & Alves, J. (2010). *Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup*. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579-588.
- Riani, A. (2006). *Estudo de caso: o lean manufacturing aplicado na Becton Dickinson*. XLIV, 44 p. (Faculdade de Engenharia, B.Sc., Engenharia de Produção).
- Rother, M. & Shook, J. (2003). *Learning to see. Value stream mapping - to create value and eliminate muda*. The lean enterprise institute, Inc.
- Rodrigues, M. & Hatakeyama, K. (2006). *Analysis of the fall of TPM in companies*. *Journal of Materials Processing Technology* 179 276–279.
- Sawhney R., Subburaman K., Sonntag C., Rao P. & Capizzi C., (2010). *A modified FMEA approach to enhance reliability of lean systems*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27 Iss: 7, pp.832 – 855.
- Schroeder R., Linderman K., Liedtke C. & Choo A. (2008). *Six Sigma: Definition and underlying theory*. *Journal of Operations Management*, Volume 26, Issue 4, Pages 536–554.

- Scotelano, L. (2007). *Implementation of the kaizen philosophy and a research about its dissimination in an automobilistic company*. Revista FAE, Curitiba, vol. 10, n.º 2, pág.165-177.
- Scyoc, K. (2008). *Process safety improvement - Quality and target zero*. Journal of Hazardous Materials 159 42–48.
- Serrano, I., Ochoa, C. & Castro, R. (2008). *Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign*. International Journal of Production Research, 46:16, 4409-4430.
- Shah R. & Ward, P. (2007). *Defining and developing measures of lean production*. Journal of Operations Management 25, 785–805.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press, Inc.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*. Productivity Press, Inc.
- Slomp, J., Bokhorst, J. & Germs, R. (2009). *A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation*. Production Planning & Control, 20: 7, 586 — 595.
- Snee R. (2007). *Use DMAIC to make improvement part of 'the way we work', (define, measure, analyze, improve, and control)*. Quality Progress, Sept, 2007, Vol.40(9), p.52(3).
- Soriano-Meier H., Forrester P., Markose S. & Garza-Reyes J., (2011). *The role of the physical layout in the implementation of lean management initiatives"*. International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 2 Iss: 3, pp.254 – 269.
- Strategos (2006). *Just in Time, Toyota Production and Lean Manufacturing. Origins and History of Lean Manufacturing*. Acessível em www.strategosinc.com/downloads/just_in_time.pdf (consultado em 02-Fev-2012).

-
- Stover, M. (2005). *Enabling waste elimination, learning, and continuous improvement through standardization*. Sloan School of Management. MIT - Dept. of Civil and Environmental Engineering.
- Sugai, M., McIntosh, R. & Novaski, O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 14, n. 2, 323-335, maio-ago.
- Stake, R. (1995). *The art of the case study research*. Sage publications.
- Tajiri, M. & Gotoh, F. (1992). *TPM Implementation: A Japanese Approach*. McGraw-Hill.
- The Productivity Press Development Team (2002). *Kanban for the shopfloor*. Productivity Press. New York.
- Vinodh, S. & Chintha, S. (2011). *Leanness assessment using multigrade fuzzy approach*. *International Journal of Production Research*, 49:2, 431-445.
- Wang, F. (2006). *Evaluating the efficiency of implementing total productive maintenance*. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17:5, 655-667.
- Wang F. & Chen K. (2012). *Application of Lean Six Sigma to a panel equipment manufacturer*. *Total Quality Management & Business Excellence*, Volume 23, Issue 3-4, pages 417-429.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Rawson Associates. New York.
- Womack, J. & Jones, D. (2003). *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press.
- Yin, R. (1981). *The case Study Crisis: Some Answers*. *Administrative Science Quarterly*, vol. 26, March, pg. 58-65.

Yin, R. (1993). *Applications of case study research*. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

YIN, R. (1994). *Case Study Research, Design and Methods*, Sec.Ed., SAGE Publications.

Yin, R. K. (2005). *Estudo de Caso. Planejamento e Métodos*. Porto Alegre: Bookman.

Zhang X., Auriol G., Baron C. & Monceaux A. (2011). *Value measurement in the voice of the customer*. International Conference on Management Science & Engineering 18th Annual Conference Proceedings, pp.279-286.

ANEXO A

Kanban

O conceito de *kanban*, palavra de origem japonesa, conhece no mundo ocidental várias traduções e significados, nomeadamente: cartão, etiqueta, símbolo, bilhete ou painel.

Cada *kanban* (cartão) identifica o tipo de material, seja matéria prima ou WIP, e indica de onde veio e para onde vai. Segundo a Productivity Press Development Team, (2002) o *kanban* actua como um sistema de informação que integra o *layout*, liga todos os processos entre si e liga toda a cadeia de valor gerada harmoniosamente pela procura do cliente.

Pode-se então afirmar que o *kanban* é um método de puxar a produção (sistema *pull*) a partir da procura, ou seja, o ritmo de produção é determinado pelo ritmo de circulação de *kanban's*, o qual, por sua vez, é determinado pelo ritmo da procura dos produtos, por um cliente interno ou externo à organização, no sentido jusante do fluxo de produção (Júnior & Filho, 2008).

O *kanban* é considerado uma ferramenta fundamental da produção JIT, pois permite controlar o fluxo de produção mantendo-o contínuo, permite balancear a carga de trabalho e, também, nivelar a produção (Chen & Subramaniam, 2012).

Heijunka

Heijunka ou produção nivelada é uma ferramenta *lean*/JIT de origem no Japão, esforça-se por nivelar a variedade e/ou volume de produtos, durante um período fixo de tempo, de modo a manter o nível de *stocks* baixo e evitar a formação de lotes excessivos de determinados produtos e/ou flutuações nos volumes dos mesmos.

Esta ferramenta incorpora os conceitos de nivelamento e de balanceamento de linha de produção. Nivelamento de produção é o termo utilizado para descrever o esforço, de balancear a carga de trabalho com a capacidade do processo (máquinas e operadores), de modo a completar o trabalho pretendido (Lippolt & Furmans, 2008).

A ferramenta *heijunka* incorpora os princípios de balanceamento de linhas, pois tenta equiparar (balancear) a carga de trabalho em cada processo, para o processo subsequente.

Just-In-Time (JIT)

Apresentado no capítulo 2.2.

Jidoka

Apresentado no capítulo 2.2.

6 sigma

Metodologia disciplinada que, através do uso de dados provenientes do processo, reduz a variação (*mura*) dos processos de forma sistemática. Para tal baseia-se num conjunto de métodos, ferramentas estatísticas e planos, para observar e gerir as variáveis críticas dos processos, bem como a relação entre elas (Shroeder et al, 2008).

Actualmente, é muito frequente a aplicação do 6 *sigma* após a estabilização dos processos conseguida pela filosofia *lean*. No entanto o 6 *sigma* não deixará de ser ajuste refinado dos processos, de modo a tornar menos provável a ocorrência de defeitos tendo como consequência directa a satisfação dos clientes internos e externos. A designação *sigma* é um termo estatístico que mede quanto um processo se desvia da perfeição; permitindo, simultaneamente, medir quantos defeitos existem no processo tendo como objectivo final eliminá-los e assim aproximar-se dos zero defeitos.

***Voice of the Customer* (VOC)**

A satisfação do cliente é um componente fundamental de qualquer estratégia empresarial, e manter os clientes satisfeitos é a base para que o sucesso do negócio se torne duradouro. A ferramenta VOC incide sobre o conhecimento das necessidades dos clientes, utilizando para o efeito medições de satisfação (inquéritos, visitas, *etc*) e/ou análises dos *feedback's* dos vendedores (Zhang et al, 2011). O conhecimento das reais necessidades dos clientes permite uma melhor alocação de esforços, gerando mais valor para a empresa.

Diagramas de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa)

O diagrama de Ishikawa é uma ferramenta gráfica da gestão da qualidade. O uso desta ferramenta permite compreender as relações entre as causas de um determinado problema e analisar o seu efeito. Focada, principalmente, no trabalho em grupo, esta ferramenta permite uma visão simples e eficaz de inúmeras ideias que possam conduzir a um efeito (Cianfrani & West, 2010). Também conhecida como o diagrama em forma de peixe, necessita, fundamentalmente, da criação de 3 categorias:

- ✓ Causas principais (espinhas);
- ✓ Sub-causas (ramificações das espinhas);
- ✓ Efeito.

Análise ABC (Diagrama de Pareto)

Método de gestão desenvolvido por Pareto que orienta os gestores no sentido do que é importante (vital), sem que aqueles se dispersem com o que é trivial ou acessório (Hardy, 2010). Também é conhecida como a regra 20/80, dada a regularidade da mesma (por exemplo, 20% dos defeitos resultam em 80% das reclamações dos clientes).

Diagramas esparguete (*Spaghetti Diagrams*)

Esta ferramenta permite através de um diagrama estabelecer uma linha contínua que desenha o caminho e a distância percorrida por um objecto ou pessoa num processo. O propósito desta ferramenta *lean* é expor problemas de *layout*, deslocações desnecessárias entre fases do processo e todos os desperdícios que sejam possível detectar (Soriano-Meier et al, 2011).

***Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)**

A *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é uma ferramenta proactiva, uma técnica da qualidade que permite a identificação e prevenção de erros nos processos antes de eles ocorrerem. É vista como uma forma sistemática de examinar um processo, visando a detecção de possíveis modos de falha permitindo, posteriormente, o redesenho dos mesmos, eliminando as possibilidades de falhas (Sawhney et al, 2010).

Devidamente aplicada a FMEA permite obter níveis interessantes de segurança na qualidade dos processos contribuindo para a satisfação do cliente e da organização.

Esta ferramenta possibilita ainda, o cálculo de *scores* que evidenciam a severidade dos possíveis modos de falha, sendo possível conceber um ranking das possíveis falhas e actuar nas que apresentarem maior problemática para a empresa.

Time Value Analysis

Esta ferramenta é uma representação gráfica que permite separar o tempo de valor acrescentado do não acrescentado (Pattanaik & Sharma, 2009).

Técnica dos 5 “porquês”

Os 5 porquês são uma técnica bastante simples para resolver problemas, que permite chegar mais rapidamente à raiz dos mesmos (Herron & Hicks, 2008).. Tornou-se popular na década de 70, através do *Toyota Production System* (TPS), tendo como objectivo “atacar” a raiz dos problemas, em vez, de tratar apenas sintomas ou causas contributivas presentes na produção. A técnica reconhece que muitas vezes uma pretensa razão para um problema irá

necessariamente conduzir a outras questões. Quatro ou cinco perguntas repetidas tendem a ser suficientes para revelar a razão principal de todo o problema, descartando os sintomas, sendo possível conferir a forma como está estruturado o problema (Shah & Ward, 2007).

Por norma, existem mais do que uma causa raiz; assim sendo, será necessário definir prioridades de intervenção, começando por aquelas que mais contribuem para o problema. Em todo este processo, trabalhar em equipa é fundamental. Após encontrada e implementada a solução, deve fazer-se o registo das lições aprendidas e partilhar-se as boas práticas.

Brainstorming

O *brainstorming* é uma técnica utilizada para encorajar o pensamento criativo e o trabalho em equipa, com o fim de gerar o maior número de ideias para um determinado problema. Tem como principal objectivo substituir o pensamento crítico pelo pensamento criativo, permitindo ideias livres de dogmas e paradigmas (Wang & Chen, 2012). Para o correcto funcionamento desta ferramenta é fundamental não existir monopólio da palavra, permitindo a livre expressão de todos os intervenientes, aumentando a probabilidade de encontrar a solução do problema em discussão.

Ciclo PDCA (*Plan-Do-Control-Act*)

O ciclo PDCA é um ciclo de análise e melhoria, criado por Walter Shewhart, em meados da década de 20 e disseminado para o mundo por Deming. Esta ferramenta fundamental para a análise e melhoria dos processos organizacionais e para a eficácia do trabalho em equipa.

O Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Act*) é uma ferramenta de gestão de tomada de decisões que visa garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização, sendo composto pelas seguintes etapas (Snee, 2007):

- ✓ *Plan* (planeamento): definição de metas a alcançar e método para tal;
- ✓ *Do* (execução): realizar as tarefas exactamente como planeado e colectar dados que permitam futuras verificações do estado do processo;
- ✓ *Check* (verificação): monitorizar e avaliar periodicamente os resultados, confrontando com o planeamento e objectivos;
- ✓ *Act* (acção): promover acções de melhoria segundo o planeamento efectuado.

O ciclo PDCA pode ser utilizado na realização de qualquer actividade da organização, sendo ideal que todos da organização utilizem esta ferramenta de gestão no dia-a-dia das suas actividades.

ANEXO B

SMED

Na manutenção de motores, é frequente após a fase de inspecção serem identificadas algumas dezenas de peças para serem submetidas a reparação. Tipicamente essas peças são colocadas no fluxo de reparação, onde lhes é associada uma gama de anomalia. Essa gama é, basicamente, uma sequência de tarefas a serem efectuadas na peça, sempre de acordo com o manual do fabricante, de modo a repor a aeronavegabilidade da mesma; pode incluir a necessidade de recurso a peças novas, por exemplo pernos, rebites etc.

Assim sendo, existe um fluxo de peças, a maioria das vezes aleatório, a chegar ao parque de máquinas e células de reparação, resultando na necessidade de *setups* frequentes. Raramente, com os volumes de motores movimentados em simultâneo, se consegue maquinar (reparar) mais que três peças com o mesmo P/N de seguida, ou seja, a constituição de lotes não é fácil de se conseguir em manutenção de motores aeronáuticos. A implementação do SMED neste processo faz todo o sentido, tendo como objectivo reduzir as seguintes actividades:

- ✓ Montagem, desmontagem ou ajuste de ferramentas e/ou equipamentos;
- ✓ Transporte e movimentação de ferramentas;
- ✓ Ajustes dos parâmetros do processo após mudança de ferramentas;
- ✓ Tempo de ciclo para a produção da primeira peça, se aplicável;
- ✓ Execução de todos os ajustes necessários.

De seguida, identifica-se algumas das oportunidades de melhoria detectadas, e já implementadas:



Figura 6.1 – Nova ferramenta para fixação de “trailing arm” com aperto rápido (fonte: empresa)



Figura 6.2 – Acréscimo da mesa de trabalho para permitir setups em simultâneo com a operação (fonte: empresa)

POKA YOKE

Ferramenta *lean* que tem como objectivo atingir o estado de “zero defeitos”, através da utilização de dispositivos à prova de erro e de falhas, cujas peças, processos e procedimentos são projectados de modo a não permitirem a ocorrência de erros físicos ou de execução. Na manutenção aeronáutica, quer pela complexidade das tarefas quer pelo custo das peças qualquer erro tem consequências relevantes, logo qualquer ideia que o minimize ou evite, deve ser analisada e implementada assim que possível.

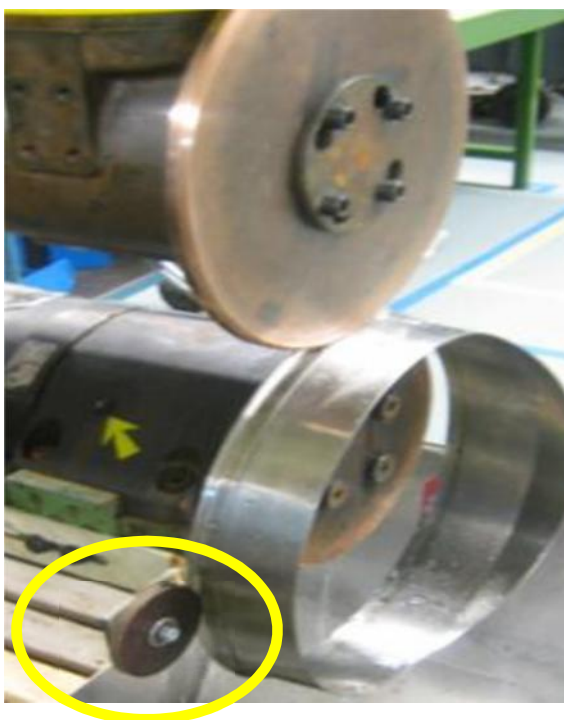


Figura 6.3 – Ferramenta para controlo da pressão exercida pelos rolos (soldadura por rolos) (fonte: empresa)

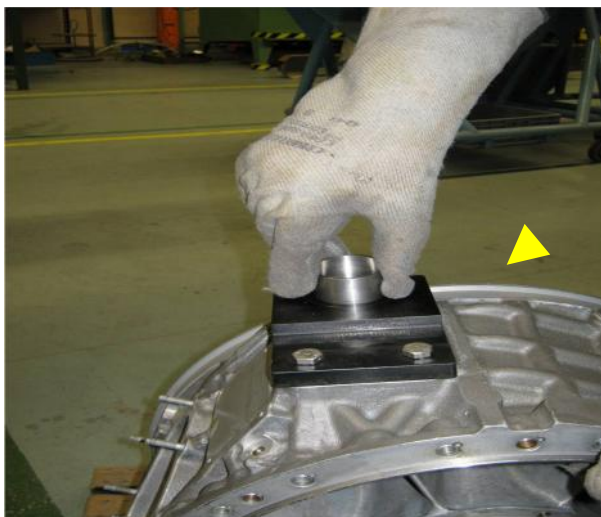


Figura 6.4 – Ferramenta para alinhar e guiar casquilho aquando da instalação do mesmo (fonte: empresa)

KANBAN

Na área de reparação o sistema *kanban* foi criado com o objectivo de implementar controlos visuais para gerir produtos e/ou materiais de suporte. Habitualmente estes produtos eram esquecidos e o operador deparava-se com dificuldades em efectuar algumas tarefas, pois a cadeia logística não conseguia abastecer em tempo útil.

Foram identificados os produtos a incorporar nesta lista, stocks mínimos e qual o processo para os solicitar usando os cartões *kanban* criados para o efeito. Se a quantidade do produto for igual à mencionada no quadrado amarelo, é solicitado reabastecimento.








Disco de lixa			Disco de lixa		
Ref: CD 75 A 80			Ref: CD 50 A 80		
Requesitar	Min. 0 Nor 1		Requesitar	Min. 2 Nor 3	
Disco de lixa			Disco de lixa		
Ref: CD 75 A 60			Ref: CD 50 a 36		
Requesitar	Min. 0 Nor 1		Requesitar	Min. 5 Nor 10	
COMBIDISC			Cinta de Lixa		
Ref: CD VRW 50 A Mittel			Ref: GSB 1530 A 80		
Requesitar	Min. 4 Nor 8		Requesitar	Min. 4 Nor 8	
Cinta de Lixa			Cinta de Lixa		
Ref: GSB 1530 A 50			Ref: GSB 1530 A 150		
Requesitar	Min. 4 Nor 8		Requesitar	Min. 4 Nor 8	

Figura 6.5 – Exemplo de materiais solicitados pelo *kanban* (fonte: empresa)

Luvas protecção química				Luvas protecção química			
Ref:				Ref:			
Requisitar	Min.	Nor		Requisitar	Min.	Nor	
	0	1		2	3		
Filtros para máscaras				óculos de protecção química			
Ref:				Ref:			
Requisitar	Min.	Nor		Requisitar	Min.	Nor	
	0	1		2	3		
Abafadores auriculares				Fato Anti-estático			
Ref:				Ref:			
Requisitar	Min.	Nor		Requisitar	Min.	Nor	
	0	1		2	3		
Pedras acabamento				Escova de Aço INOX			
Ref: Div.				Ref: NO&P0086			
Requisitar	Min.	Nor		Requisitar	Min.	Nor	
	0	1		2	3		

Figura 6.6 – Exemplo de materiais solicitados pelo kanban (continuação) (fonte: empresa)

ANEXO C

DEFINIÇÃO DA CRITICIDADE DOS EQUIQ. DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A classificação dos equipamentos é feita de acordo com a tabela seguinte:

CRITICIDADE	DESCRIÇÃO	SUB DIVISÃO DA CRITICIDADE	DESCRIÇÃO
A	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de produção cuja manutenção, decorrente de obrigação legal ou de norma regulamentadora, obriga à interrupção de uma ou várias cadeias de produção, ou - Equipamento que se encontra no caminho crítico do ciclo de produção, ou - Equipamento que faz parte de um processo especial, ou - Equipamento de produção sem redundância, ou - Equipamento com tecnologia fora do domínio da equipa de manutenção interna, ou - Equipamento que requer plano de manutenção preventiva 	A1	- Equipamento que se encontra no caminho crítico do ciclo de produção e sem redundância, cuja paragem, mesmo por tempo reduzido (8 horas, máx.), afecta de imediato as entregas programadas.
		A2	- Equipamento sem redundância cuja paragem (por tempo > 8h e < 72h) provoca atrasos com impacto menos acentuado do que o A1
		A3	- Equipamento com redundância parcial ou com tecnologia fora do domínio da equipa de manutenção interna e com frequência de utilização elevada
B	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamento que apresente risco de acidente grave quando ocorre a primeira falha dos dispositivos de segurança, ou - Equipamento que requer plano de manutenção preventiva, ou - Equipamento que, embora sem redundância, tem uma frequência de utilização muito baixa, ou - Equipamento que fazendo parte de processo especial é de tecnologia simples, eventualmente integrando EMP's, sujeitos a plano de calibração periódica cuja realização é suficiente para averiguar da sua aptidão ao uso. 	N / A	N / A
C	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de baixo valor ou tecnologia simples, que não requer plano de manutenção preventiva, (de utilização mediante a sua boa condição avaliada através de inspecção visual pelo utilizado), sendo retirado de serviço e enviado para reparação, quando for encontrada anomalia, [ou] - Equipamento com taxa de utilização muito reduzida em que a ocorrência de falha não representa perigo, quer para o operador, quer para as instalações [ou] - Equipamento de tecnologia simples, eventualmente integrando EMP's sujeito a plano de calibração periódica cuja realização é suficiente para averiguar da sua aptidão ao uso. 	N / A	N / A

NOTA 1: Equipamentos de classificação "A" e "B", são equipamentos sujeitos a manutenção preventiva;

NOTA 2: Equipamentos de classificação "C", são equipamentos não sujeitos a manutenção preventiva.

NOTA 3: Para todos os equipamentos, quando existir necessidade de uma intervenção correctiva, as áreas deverão efectuar pedido no sistema informático.

A identificação da classificação dos equipamentos é realizada por aposição de uma das seguintes etiquetas, consoante a criticidade respectiva:

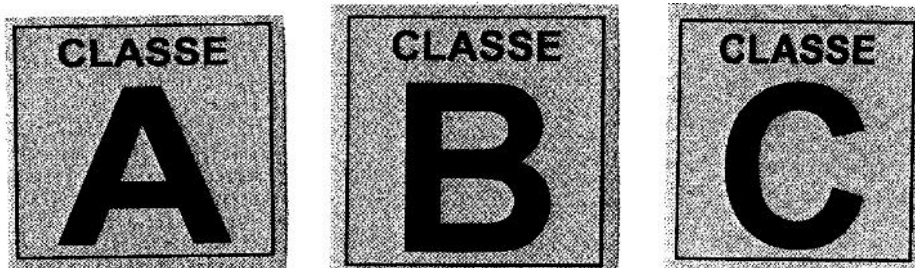


Diagrama de avarias e nº de horas de paragem por máquina

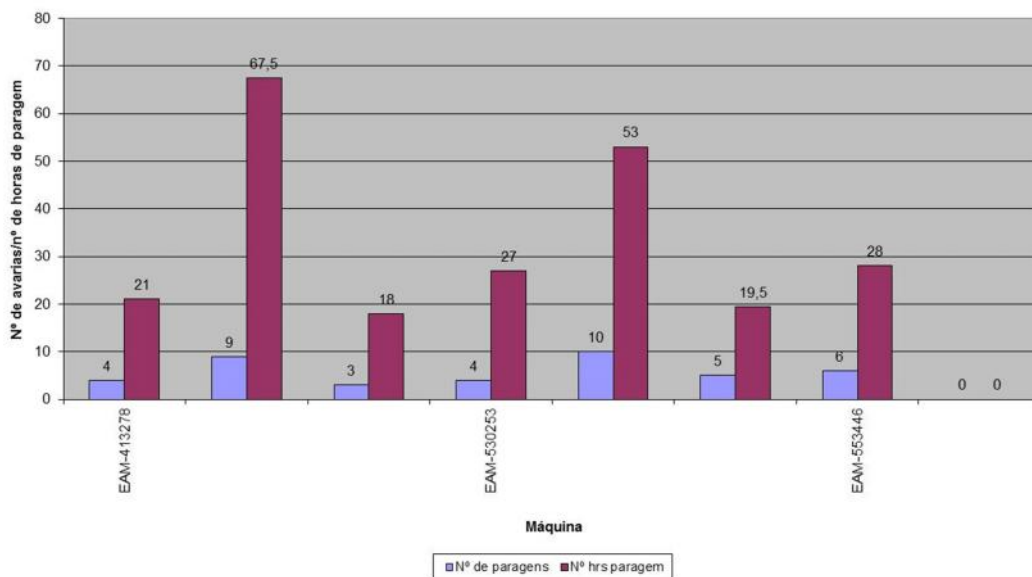


Figura 6.9 – TPM Diagrama de nº de avarias / h de paragem por equipamento 2011 (fonte: empresa)

Nº de horas de paragem por avaria e por máquina

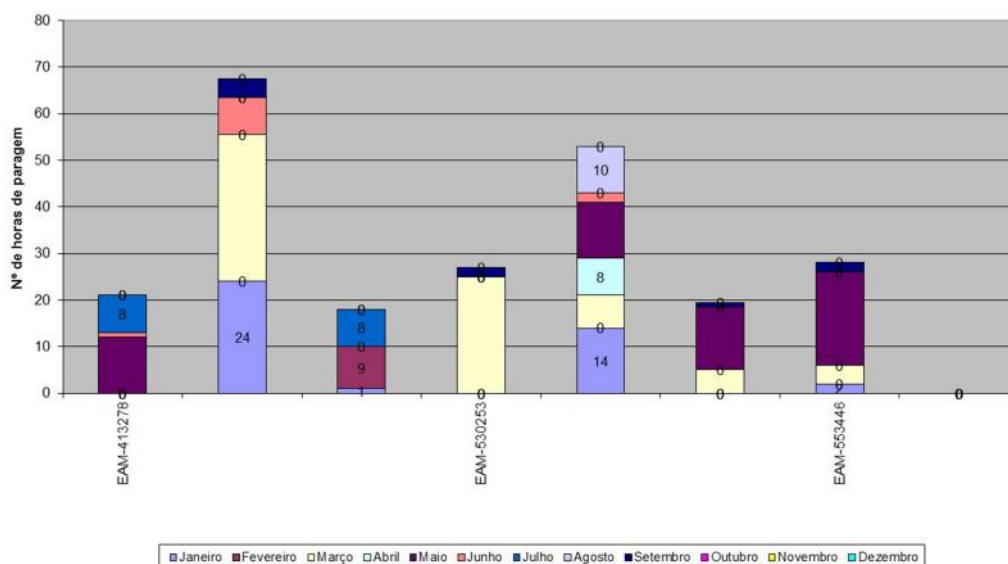


Figura 6.10 – TPM Diagrama de nº de horas de paragem por equipamento 2011 (fonte: empresa)


	Secção	Área	Equipamentos	Disp. Operacionais Mensais Contratadas	Disp. Média Operacional atingida até Dezembro '11	Parado sem Perda de Produção	Parado com Perda de Produção	Em Plena Produção		
MMT	MRV	Equilib.	Máquina de Equilibragem Dinâmica Schenk	96,00	100,00			X		
			Máquina de Equilibragem Dinâmica GISHOLT	94,00	96,86			X		
	Trat. Térmicos		Shot Penning	96,00	98,41			X		
			Fresadora Universal DECKEL	--	100,00			X		
			Forno Vertical a Vácuo ABAR	96,00	99,89			X		
	MRP	Plasma	Máquinas Ferramentas	Equipamento de Plasma/HVOF	98,00	87,62			X	
				Fresadora DECKEL	--	100,00			X	
				Fresadora Vertical BOKO	96,00	100,00			X	
				Máquina Ponteadora BURKHARDT	94,00	99,39			X	
				Máquina de Rectificar Universal SCHAUDT	--	100,00			X	
				Fresadora ZAYER	94,00	100,00			X	
				Rectificadora DANOBAT	94,00	84,76			X	
				Torno Mecânico de Cava "CAZENEUVE"	--	100,00			X	
				Forno Horizontal a Vácuo ABAR	94,00	97,75			X	
				Torno Vertical 2 cabeças	94,00	99,80			X	
				Metrolog.	Máquina de Medição Tridimensional MMZ-M	98,00	100,00			X

Figura 6.11 – TPM Disponibilidade atingida vs contratada dos equipamentos – ano 2011 (fonte: empresa)

Standard de Manutenção Autónoma

Célula:		Equipamento:		ONS de Referência: ONS		Data: 0422		Diagrama do equipamento	
Equipa TPM:		Colocar o nome do local a limpar no equipamento. Especificar a localização.		Colocar o tempo que demora a operação.				Colocar imagens que facilitem o desempenho da acção de limpeza/inspeção se necessário.	
L i m p e z a	Nº	Localização	Limpeza	Equipamento necessário:	Tempo	Intervalo Horário Dia Semana Mês		Resp.	
			Colocar a acção a ser executada (ex: limpar o pó, lavar, aspirar).	Colocar o material necessário (ex: pano, detergente, aspirador).		Colocar a frequência da operação.			
I n s p e c ç ã o	Nº	Localização	Acção de inspeção	Critério	Acção Correctiva	Tempo Horário Dia Semana Mês		Resp.	
			Colocar a acção a ser executada (ex: verificar, escutar, sentir).	Colocar o critério que define se o resultado da inspeção é aceitável ou não.		Colocar as medidas a serem tomadas quando uma inspeção gera um resultado não aceitável.			

Figura 6.12 – TPM Standard de manutenção autónoma - impresso (fonte: empresa)

Standard de Manutenção Autónoma 											
Célula: Manutenção de Motores 002 - MRP											
Equipamento: Cabine de Plasma											
ONS de Referência:											
Equipa TPM:											
Data:											
L i m p e z a	Nº	Localização	Ação de Limpeza	Equipamento necessário:	Tempo	Intervalo				Resp.	
						Horário	Dia	Semana	Mês		
	1	Sector de Plasma	Limpeza exterior da cabine.	Panos e detergente	15m			x			
	2	Sector de Plasma	Limpeza cuidada do exterior da consola de comando da unidade de pó e comando do Robot.	Panos	15m					x	
3	Sector de Plasma	Limpeza do interior da cabine	Aspirador e ar comprimido	15m			x				
4	Sector de Plasma	Limpeza cuidada do Robot	Panos e detergente	15m			x				
I n s p e c ç ã o	Nº	Localização	Ação de inspeção	Critério	Ação Correctiva	Tempo	Intervalo				Resp.
							Horário	Dia	Semana	Mês	
	5	Lado direito da cabine	Verificar a pressão de ar comprimido	Pressão igual a 8fkg OK	Reportar	2m		x			
	6	Lado direito da cabine	Controle da condição do filtro do ar comprimido	Verde Ok	Reportar	2m			x		
	7	Dentro da cabine, por baixo da mesa rotativa	Verificação do nível de óleo da mesa rotativa	Nível com margem de segurança para prosseguir com o trabalho OK.	Reportar	2m				x	
	8	Consola de controle	Controlo das horas de funcionamento do Robot	2500Horas	Reportar ABB	2m				2500 Horas	




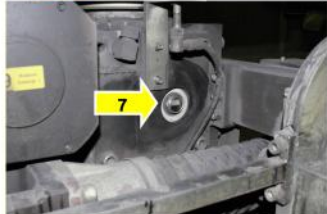






Figura 6.13 – TPM Standard de manutenção autónoma – exemplo 1 (fonte: empresa)

Standard de Manutenção Autónoma 											
Célula: Manutenção de Motores 002 - MRP											
Equipamento: Ponteadora "HAUSER"											
ONS de Referência: ONS-000388 e ONS-000422											
Equipa TPM:											
Data:											
L i m p e z a	Nº	Localização	Ação de Limpeza	Equipamento necessário:	Tempo	Intervalo				Resp.	
						Horário	Dia	Semana	Mês		
	1	Sala Ponteadoras	Limpeza da máquina e zonas de difícil acesso	Aspirador, ar comprimido, panos e detergente	30m			x			
2	Sala Ponteadoras	Limpeza cuidada de consola de comandos	Panos	5m			x				
3	Sala Ponteadoras	Limpeza do aspirador	Aspirador, ar comprimido	10m					x		
I n s p e c ç ã o	Nº	Localização	Ação de inspeção	Critério	Ação Correctiva	Tempo	Intervalo				Resp.
							Horário	Dia	Semana	Mês	
	4	parte superior da máquina	Verificação dos níveis de óleo da cr velocidades, parada e em rotação.	Níveis com margem de segurança acima do mínimo OK	Reportar	2m				x	
	5	Depósito de óleo de corte	Analisar condição do líquido de refrigeração/corte.	Porcentagem de água OK, óleo em condição de	Reportar	10m				x	
	6	Vaso de óleo	Verificação dos níveis de óleo	Níveis com margem de segurança acima do mínimo OK.	Reportar	2m				x	
	7										
	8										






Figura 6.14 – TPM Standard de manutenção autónoma – exemplo 2 (fonte: empresa)