



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Impacto da *Internet of Things* no *Lean Manufacturing*

Laura Margarida Santos Gouveia

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, junho de 2015

Dedicatória

À minha Mãe Odete Silva e ao meu Pai António Gouveia.

*“E se um dia hei-de ser pó, cinza e nada
Que seja a minha noite uma alvorada,
Que me saiba perder... pra me encontrar...”
(Florbela Espanca)*

Agradecimentos

Começo por deixar um grande obrigada ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos, por todo o apoio, paciência, dedicação e disponibilidade ao longo destes meses de trabalho.

Gostaria de agradecer ao Diretor de Curso de 2º Ciclo em Engenharia e Gestão Industrial, Professor Doutor João Carlos de Oliveira Matias, por todo apoio e disponibilidade prestada.

Agradeço também de forma muito especial aos meus pais que sempre acreditaram em mim, nunca mediram forças para me ajudarem a atingir os meus objetivos e nunca me terem permitido sequer considerar a hipótese de desistir.

Ao Miguel por toda a paciência, motivação, compreensão e encorajamento, durante todo este período, em especial nesta fase final.

Às minhas amigas, Andreia Rodrigues, Aida Francisca e Carina Reis. Obrigada pela vossa amizade, companheirismo, incentivo e ajuda que me permitiram que cada dia fosse encarado com particular motivação. Em especial à Andreia, pela enorme amizade que criámos, pela partilha de bons momentos, pelo auxílio e pelos estímulos nas alturas de desespero.

A todos os meus colegas de curso que me apoiaram ao longo destes dois anos.

Muito obrigada!

“...Todas as Pessoas! Todos os Dias! Em Todos os Lugares!”¹

¹ <http://pt.kaizen.com/quem-somos/significado-de-kaizen.html>

Resumo

Este documento tem como principal objetivo proceder a um estudo exploratório sobre a interação entre Internet das coisas e o Lean Manufacturing.

Numa sociedade cada vez mais competitiva, e com a conjuntura económica desfavorável em que vivemos é necessário que as empresas apostem em meios alternativos para conseguirem melhorar os seus processos produtivos. Assim surgiu uma nova filosofia, *Lean Manufacturing*, que consiste em produzir cada vez mais, com menos custos e de forma mais célere e eficiente.

As empresas têm apostado na melhoria contínua em todas as suas áreas, sendo a inovação um fator chave. É neste contexto que se aborda o conceito recentemente designado por *Internet of Things* (Internet das coisas). Conceito que surgiu em 1999, e que tem como principal objetivo tornar os objetos autónomos e inteligentes o suficiente para que não necessitem de intervenção humana.

Em suma, este trabalho irá relacionar algumas ferramentas do *Lean Manufacturing* com a *Internet of Things*.

Palavras-chave

Lean Manufacturing, *Internet das coisas*, melhoria contínua e desperdícios.

Abstract

This documents' main objective is to study on the interaction between Internet of Things and Lean Manufacturing.

On a more and more competitive society and an unpleasant economy that we live on today it is necessary that companies bet on alternative ways to improve their productive methods. In order to achieve that, Lean Manufacturing was born, a philosophy that consists on increasing production with less cost, faster and more efficiently.

Companies bet on continuous improvement in all possible areas with innovation being a key point for success. In this context the new concept called Internet of Things will be approached. This concept was born in 1999 and has as primary objective to make objects become smart and autonomous enough so that no human intervention is necessary.

In resume, this task will relate some of Lean Manufacturing tools with the Internet of Things.

Keywords

Lean Manufacturing, Internet of Things, continuous improvement and wastes.

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento	3
1.1.1. Filosofia <i>Lean</i>	4
1.1.2. <i>Internet of Things</i>	4
1.2. Objetivo da Dissertação	5
1.3. Metodologia da Pesquisa	5
1.4. Estrutura da Dissertação	6
Capítulo 2 - <i>Lean Manufacturing</i>	7
2. <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.1. História e Conceito <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.2. Pilares do <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.3. Sete Desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.4. Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i>	15
2.4.1. <i>5's</i>	15
2.4.2. <i>Andon</i>	16
2.4.3. <i>Bottleneck Analysis</i>	17
2.4.4. <i>Gemba (The Real Place)</i>	18
2.4.5. <i>Kanban</i>	19
2.4.6. <i>Heijunka</i>	22
2.4.7. <i>Kaizen</i>	24
2.4.8. <i>Just-in-Time</i>	26
2.4.9. <i>Jidoka</i>	28
2.4.10. <i>PDCA</i>	29
2.4.11. <i>Hoshin Kanri</i>	30
2.4.12. <i>Poka-Yoke</i>	31
2.4.13. TPM - Total Productive Maintenance.....	32
2.4.14. VSM - Value Stream Mapping	33
2.4.15. SMED - Single-Minute Exchange of Die	33

Capítulo 3 - <i>Internet of Things</i>	35
3. <i>Internet of Things</i>	37
3.1. O que é <i>Internet of Things</i> ?.....	37
3.1.1. Rede RFID	39
3.2. Características da <i>Internet of Things</i>	40
Capítulo 4 - Interligação da <i>Internet of Things</i> com as Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> .	43
4.1. Introdução ao Estudo de Aplicação.....	45
4.2. Impacto da IoT nas Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	47
4.2.1. <i>Internet of Things</i> Vs 5's	47
4.2.2. <i>Internet of Things</i> Vs Andon.....	49
4.2.3. <i>Internet of Things</i> Vs Just-in-Time.....	49
4.2.4. <i>Internet of Things</i> Vs Heijunka	50
4.2.5. <i>Internet of Things</i> Vs Kanban	51
4.2.6. <i>Internet of Things</i> Vs Poka-Yoke e Jidoka	51
4.2.7. <i>Internet of Things</i> Vs SMED e TPM.....	52
4.3. <i>Internet of Things</i> promove o desenvolvimento de PDCA e Kaizen.....	53
Capítulo 5 - Conclusões.....	55
Conclusão.....	57
Capítulo 6 - Bibliografia	59
Referências Bibliográficas	61
Web grafia.....	64

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução dos métodos de Produção	4
Figura 2 - Casa do <i>Toyota Production System</i>	11
Figura 3 - Sete Desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	13
Figura 4- Desperdícios/Valor Acrescentado	14
Figura 5 - Sequência 5's	16
Figura 6- Sistema <i>Andon</i>	16
Figura 7 - Painel <i>Andon</i> no Escritório	17
Figura 8- Efeito da restrição no fluxo.....	18
Figura 9 - Processo de por em Prática <i>GEMBA</i>	19
Figura 10 - Metodologia de Kanban	20
Figura 11 - Ciclo <i>Takt Time</i>	21
Figura 12- Oito passos para implementar <i>E-Kanban</i>	22
Figura 13 - Exemplo <i>Heijunka</i>	23
Figura 14 - O sistema <i>Heijunka-Kanban</i>	24
Figura 15 - Guarda Chuva <i>Kaizen</i>	25
Figura 16 - Celebre Frase de <i>Kaizen</i>	26
Figura 17 - Processo <i>Just-in-Time</i>	27
Figura 18 - Casa <i>Toyota</i>	27
Figura 19 - Base do <i>Lean Manufacturing</i>	28
Figura 20 - Ciclo <i>PDCA</i>	29
Figura 21 - Modelo de <i>Hoshin Kanri</i>	30
Figura 22 - Exemplos de uso da <i>Poka-Yoke</i> numa tomada de dois pinos.	31
Figura 23 - Modelo TPM	32
Figura 24 - Fluxos de informação <i>VSM</i>	33
Figura 25- Exemplo das Boxes de Fórmula 1	34
Figura 26- Rede RFID	40
Figura 27 - Exemplar do Carro Google	46
Figura 28 - Exemplar do <i>Project Mobii</i>	47

Lista de Tabelas

Tabela 1- RF Vs RFID.....	39
---------------------------	----

Lista de Acrónimos

5's - *Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke*

H2T - *Human to Thing*

IoT - *Internet of Things*

JIT - *Just-in-Time*

LM - *Lean Manufacturing.*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

RF - *Rádio frequência*

RIFD - *Radio Frequency Identification*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

T2T - *Thing to Thing*

TI- *Sector das Tecnologias de Informação*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

VSM - *Value Stream Mapping*

Capítulo 1 - Introdução

1. Introdução
 - 1.1. Enquadramento
 - 1.1.1. *Filosofia Lean*
 - 1.1.2. *Internet of Things*
 - 1.2. Objetivos da Dissertação
 - 1.3. Metodologias da Pesquisa
 - 1.4. Estrutura da Dissertação

“Investir em conhecimentos rende sempre melhores juros”
(Benjamin Franklin)

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Os últimos trinta anos têm sido marcados por várias alterações nos sistemas organizacionais tanto nos sistemas financeiros, administrativos como produtivos. Estas mudanças devem-se a vários fatores externos às empresas, tais como a livre concorrência, a alteração dos padrões de consumo e a abertura dos mercados.

Devido à conjuntura socioeconómica do país as empresas nacionais têm-se visto forçadas a adotar novas ferramentas de gestão da produção. Esta é uma visão nacional que é extensível a nível mundial. Com o objetivo de se tornarem cada vez mais produtivas e, conseqüentemente mais competitivas, as empresas, quer industriais quer de serviços, têm adotado novos modelos de gestão. Um dos modelos mais adotados e implementados no tecido empresarial assenta na filosofia *Lean* e tem sido designado, quando implementado em ambientes industriais, por *Lean Manufacturing*.

Por outro lado a implementação desta filosofia e a conseqüente utilização das ferramentas que lhe estão associadas têm induzido à utilização de diferentes tecnologias como forma de consolidar a sua implementação. Sistemas como a identificação por radiofrequência (RFID) e realidade aumentada, entre outros, têm sido estudados como tecnologias auxiliares na implementação do *Lean Manufacturing*. No decorrer deste trabalho proceder-se-á a um estudo exploratório sobre as vantagens da utilização da *Internet of Things* na implementação do *Lean Manufacturing*.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1945, o Japão completamente devastado, viu-se forçado a adotar medidas extremas de recuperação do tecido empresarial. Deste período sobressai o trabalho desenvolvido por Edwards Deming (1900-1993), considerado o “Pai do Milagre Industrial Japonês” (Sá, 2002). Recorde-se que o Japão já adota desde 1950 modelos de gestão inovadores em particular na sua indústria automóvel, Toyota, onde nasceu o *Toyota System Production* (TSP).

Muitos dos processos que foram desenvolvidos tanto na Toyota como na recuperação pós guerra, estiveram na origem do que é hoje designado por pensamento *Lean*. O *Lean Manufacturing* foi um processo evolutivo e algumas das suas ferramentas resultam de práticas desenvolvidas ao longo do século XX. A título de exemplo refere-se a evolução histórica de algumas das ferramentas, hoje consideradas integrantes da metodologia *Lean*.

No decorrer de 1925, Walter Shewhart, considerado o “Pai” do Controlo Estatístico da Qualidade desenvolveu o controlo de qualidade e o ciclo PDCA que viria a ser popularizado por Edwards Deming. Para além desde dois nomes associados à evolução dos modelos, houve

mais que contribuíram para esta evolução metodológica que viria a ser designada por *Lean Manufacturing* nomeadamente, Philip Crosby, que defendia o conceito de fazer bem à primeira “Zero Defeitos” e Joseph Juran que defendia a filosofia dos três processos designada por “Trilogia de Juran”. (Nakahara, 2013)

1.1.1. Filosofia *Lean*

Lean Manufacturing é um paradigma de gestão. Considerada uma das filosofias de gestão com maior impacto na eficiência produtiva tem como principal objetivo eliminar desperdícios apostando num processo de melhoria contínua. Este processo origina um aumento do valor acrescentado do produto final através da minimização dos custos industriais.

O *Lean Manufacturing* surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial, mas foi popularizado anos mais tarde por *James P. Womack* e *Daniel T. Jones* nos seus livros “The Machine That Changed the World” em 1990 e “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*” em 1996. A filosofia *Lean* tem os seus alicerces no TSP, desenvolvido por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno indissociável do progresso japonês relativamente à produção em massa desenvolvida após a Primeira Guerra Mundial. Este sistema não pode ser dissociado dos modelos de organização da indústria automóvel americana, pois foi esta que serviu de modelo a Toyota quando visitou a linha de montagem da Ford desenvolvida por Henry Ford.

Como é apresentado na figura 1, podemos observar, de forma muito resumida, a evolução dos processos de produção até chegar à filosofia em estudo.

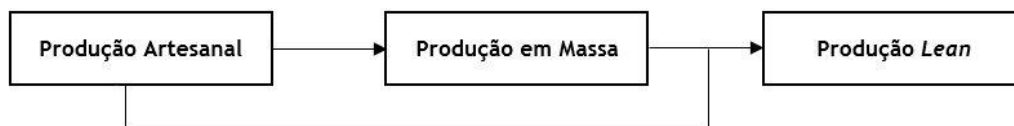


Figura 1 - Evolução dos métodos de Produção

1.1.2. *Internet of Things*

A *Internet of Things* em português designada como Internet das coisas, é o desenvolvimento das redes RIFD e *Wireless Sensor Networks* originando um sistema geral de registos. A Internet das coisas tem como principal objetivo interligar os objetos do dia-a-dia a uma grande base de dados para maior controlo.

De acordo com a bibliografia a utilização do termo *Internet of Things* é atribuído a Kevin Ashton em 1999, investigador britânico do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em Cambridge. (Ashton, 2014) Este termo surgiu numa entrevista quando o investigador falava sobre o desenvolvimento de etiquetas eletrónicas, colocadas nos produtos, como forma de facilitar a logística da organização. (Ashton, 2014)

1.2. Objetivo da Dissertação

Esta dissertação tem como objetivo estudar o potencial da interação entre o pensamento *Lean* e a *Internet of Things*. Ao longo deste trabalho é estudado o conceito *Lean Manufacturing* sendo feita uma análise pormenorizada das mais importantes ferramentas desta filosofia. Estuda-se também o conceito de Internet das coisas e quais as suas principais vantagens quando aplicado na indústria.

Em suma, este trabalho visa fazer um estudo exploratório sobre os dois conceitos e analisar de que forma a Internet das coisas pode contribuir para uma mais fácil implementação da filosofia *Lean* de modo a tornar a indústria mais ativa no seu crescimento e a melhorar a sua competitividade.

1.3. Metodologia da Pesquisa

Para a elaboração de uma dissertação é necessário analisar cuidadosamente todos os processos de planeamento, reunir informação científica sólida e ter como base conhecimentos sobre os temas abordados. (Menezes, 2001)

Gil Carlos defende que é necessário realizar uma pesquisa quando não se tem informação para solucionar os problemas ou quando a informação adquirida está desorganizada ou em “mau estado”. De acordo com Gil a pesquisa é “*o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos*”. (Gil, 2002)

Esta dissertação utiliza como procedimento técnico uma pesquisa bibliográfica de material já publicado cientificamente, como livros, artigos científicos e informação disponível na internet.

“*Curiosidade, criatividade, disciplina e especialmente paixão são algumas exigências para o desenvolvimento de um trabalho criterioso, baseado no confronto permanente entre o desejo e a realidade*”. (Ashton, 2014)

1.4. Estrutura da Dissertação

A realização desta dissertação está estruturada em capítulos onde serão abordados os seguintes temas:

Capítulo 1 - Introdução. Neste capítulo é feita uma apresentação do trabalho realizado.

Capítulo 2 - *Lean Manufacturing*. No decorrer deste capítulo é feita uma descrição da filosofia *Lean* e uma análise das suas principais ferramentas.

Capítulo 3 - *Internet of Things*. Este capítulo comporta uma descrição e análise do conceito da Internet das Coisas.

Capítulo 4 - Interligação da *Internet of Things* com as Ferramentas do *Lean Manufacturing*. Estuda-se a interação dos dois conceitos analisados nos capítulos anteriores. É o ponto fulcral da dissertação, onde será exposto o conhecimento adquirido ao longo destes meses de trabalho.

Capítulo 5 - Conclusões. Avalia-se os objetivos traçados para esta dissertação foram cumpridos, mostrando quais as vantagens decorrentes do trabalho desenvolvido, e deixam-se propostas para investigação futura.

Capítulo 6 - Bibliografia.

Capítulo 2 - *Lean Manufacturing*

- 2. *Lean Manufacturing*
- 2.1. História e Conceito *Lean Manufacturing*
- 2.2. Pilares do *Lean Manufacturing*
- 2.3. Sete Desperdícios do *Lean Manufacturing*
- 2.4. Ferramentas do *Lean Manufacturing*
 - 2.4.1. 5's
 - 2.4.2. Andon
 - 2.4.3. Bottleneck Analysis
 - 2.4.4. Gemba (*The Real Place*)
 - 2.4.5. Kanban
 - 2.4.6. Heijunka
 - 2.4.7. Kaizen
 - 2.4.8. Just-in-Time
 - 2.4.9. Jidoka
 - 2.4.10. PDCA
 - 2.4.11. Hoshin Kanri
 - 2.4.12. Poka-Yoke
 - 2.4.13. TPM - *Total Productive Maintenance*
 - 2.4.14. VSM - *Value Stream Mapping*
 - 2.4.15. SMED - *Single-Minute Exchange of Die*

“Se continuares a fazer o que sempre fizeste, vais continuar a obter o que sempre obtiveste.”

(Kenneth Blanchard)

2. *Lean Manufacturing*

2.1. História e Conceito *Lean Manufacturing*

TPS, *Toyota Production System* foi desenvolvido ao longo de várias décadas pela empresa nipônica Toyota. O principal mentor deste projeto foi Taiichi Ohno. Foi no decorrer dos anos 80 que esta filosofia de organização se veio a revelar internacionalmente quando Womack em “*The Machine That Changed the World*” a apresentou, tendo-a designado como *Lean philosophy*. Esta filosofia, quando aplicada à produção, *Lean Manufacturing*, é considerada um dos sistemas mais eficiente na eliminação de desperdícios e na flexibilização da produção. Como referido, o TPS, surgiu no Japão no decorrer do último século face a uma conjuntura difícil e desfavorável, época em que a Toyota revolucionou a forma de produzir, tendo-se tornado uma empresa de referência a nível mundial. As suas práticas, estudadas por Womack, tornaram-se um caso de estudo e viriam a conduzir à filosofia *Lean*. O TPS apostava em cinco princípios base: criar valor, definir a cadeia de valor, otimizar o fluxo, apostar no sistema “*pull*” e buscar a perfeição. Para além de assentar nos princípios acima referidos a Toyota também apostou na eliminação de sete desperdícios: excesso de produção, tempo de espera, processos inadequados, trabalho desnecessário, *stocks*, transporte ou movimentações e defeitos (Womack, 2003). Já anteriormente Peter Drucker designou a indústria automóvel como: “a Indústria das Indústrias”. (Drucker, 1946)

O *Lean Manufacturing*, em português designado como “Pensamento magro”, é uma filosofia de gestão que tem como principal objetivo o desenvolvimento de processos, pessoas e sistemas, em simultâneo com a redução de custos e desperdícios. (Pinto I. S., 2009) É considerado o sistema de produção mais flexível e eficiente na eliminação de desperdícios. O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão e liderança utilizada mundialmente, assente na redução dos desperdícios. A implementação desta filosofia exige um trabalho intenso a médio e longo prazo, e recorre à combinação das diferentes ferramentas de trabalho que o *Lean* dispõe, mas, acima de tudo, aposta numa mudança de mentalidade da organização. A mentalidade de todos os intervenientes deverá estar focada numa melhoria contínua. O envolvimento de todos os colaboradores é fundamental na implementação desta filosofia pelo que se torna necessário que todos partilhem da mesma visão a longo prazo (Janatyan, 2010).

O *Lean Manufacturing* surgiu na sequência de uma série de evoluções nos sistemas de produção. A primeira grande evolução dá-se com a passagem da produção artesanal para a produção em massa. O método de produção artesanal tinha a vantagem de produzir exatamente o que o cliente desejava, mas isso tinha um custo alto e nem toda as pessoas tinham possibilidade de pagar. Assim, após a Primeira Guerra Mundial, surgiu a produção em massa, em particular com as novas metodologias de trabalho utilizadas por Ford nas suas fábricas de produção automóvel. Este processo de produção, era um método de produzir

determinados produtos a um custo bastante mais baixo mas tinha como desvantagem o facto de ser um método *standard*, ou seja, não existia variedade e era pouco flexível. O *Lean Manufacturing* veio colmatar essas desvantagens. As diferenças mais visíveis entre a massificação e o *Lean* residem na sua finalidade: enquanto o *Lean* procura sempre a melhoria contínua, tendo cuidado com os custos e evitando a existência de defeitos e *stocks*, a massificação tem um objetivo muito limitado, ou seja, “bom o suficiente”, aceitando uma determinada quantidade de erros, e nível de *stocks*, não tendo variedade de produção e assumindo que melhorar “é muito caro”. (Womack J, 1990)

Alguns dos aspetos mais importantes para a implementação da abordagem *Lean* passam por uma definição clara de alguns fatores, entre eles: *stakeholders*, valor e desperdício.

Os *stakeholders* de uma empresa são todas as partes interessadas na organização, (acionistas, colaboradores, fornecedores, clientes e sociedade) seja uma empresa com ou sem fins lucrativos (Pinto I. S., 2009).

Valor é tudo o que vai de encontro às necessidades e expectativas de qualquer parte interessada na organização, o valor pode ser designado pela recompensa recebida em troca do que é produzido. (Pinto J. P., 2009)

O desperdício é tudo o que não crie valor para o consumidor e para a empresa (Womack, 2003).

Na figura 2, podemos visualizar a Casa Toyota que relaciona as ferramentas com as metodologias utilizadas no *Lean Manufacturing*. Nesta imagem, o objetivo do *Lean Manufacturing* constitui o topo da casa, diminuir desperdícios e melhoria contínua. Os dois pilares principais que sustentam a filosofia são o *Just-in-time* e o *Jidoka* que se apoiam no fluxo contínuo, *Takt-time*, Sistema “*pull*”, *Poka-yoke* e separação do trabalho do homem do trabalho da máquina. Os alicerces, que aparecem na base da figura, dão suporte à filosofia e são o *Kaizen*, a *standardização* do trabalho e a produção nivelada.

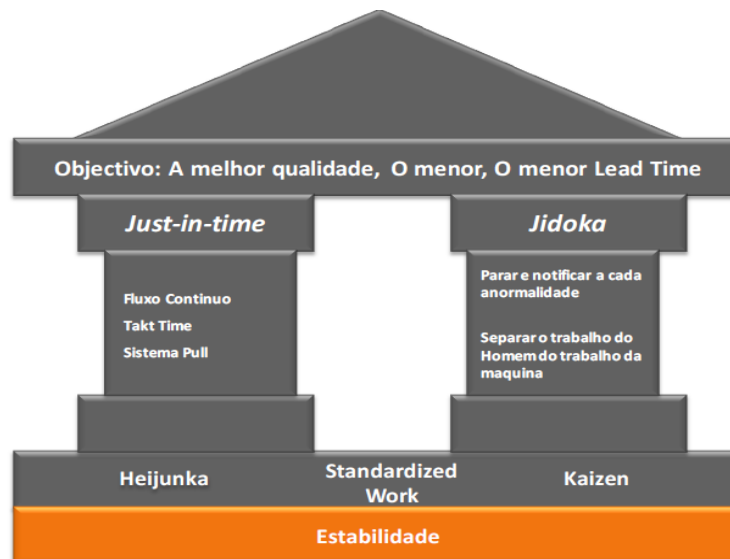


Figura 2 - Casa do *Toyota Production System*.

Fonte: (Shook and Marchwinski, 2003)

Em suma, para o sistema *Lean* ser implementado numa organização é necessário um estudo antes de adaptar a filosofia, caso contrário a empresa pode não ter sucesso. Todas as empresas podem adotar esta filosofia desde que as ferramentas sejam utilizadas corretamente.

2.2. Pilares do *Lean Manufacturing*

Após James Womack e Daniel Jones analisarem diversas implementações da filosofia TPS, verificaram que existem cinco princípios importantes para a sua implementação. Estes princípios são hoje considerados a base do *Lean Manufacturing* e são: valor, definição da cadeia de valor, otimização do fluxo, sistema pull e perfeição.

O Valor para o *Lean Manufacturing* é aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar, ou seja, o conceito de valor não depende da estrutura interna da empresa mas da necessidade e do desejo do cliente. A definição de valor deve ser a primeira etapa que a empresa deverá analisar quando estiver interessada em implementar a filosofia *Lean*. (Womack, 2003)

A Cadeia de Valor é um modelo de gestão implementado por Michael Porter, que tem como principal objetivo ajudar a analisar as atividades da empresa que criam valor e trazem vantagens competitivas para a organização. A utilização da cadeia de valor é uma ferramenta bastante útil para a gestão estratégica. (Porter, 1989) De acordo com Womack e Jones a cadeia de valor é o conjunto de etapas necessárias para conduzir o produto às três fases críticas do negócio: a fase de resolução de problemas desde a concepção até à produção;

a fase de gestão de informação desde a receção da encomenda até ao ato da entrega e por fim, a fase de transformação física que inicia com a matéria-prima e acaba com o produto acabado entregue ao cliente. (Womack J, 1990)

Otimização do Fluxo consiste em fazer com que o produto circule na linha de produção numa sequência ideal, para que seja acrescentado valor ao produto e eliminadas filas de espera. A determinação do fluxo ótimo conduz à eliminação dos desperdícios. A análise deverá ser global de maneira a que seja definida uma divisão de tarefas para que ocorra a consolidação do fluxo. (Womack, 2003)

O Sistema “*Pull*” tem como objetivo fazer com que seja o cliente a puxar pela produção, ou seja, ter um determinado produto quando ele quiser. As empresas não devem produzir o que acham que os clientes venham a desejar (*Just-in-Case*²) mas sim o que de fato os clientes desejam (*Just-in-Time*). Ao atingir o fluxo contínuo de produção evita-se a acumulação de *stocks* de produtos e obtém-se redução de *lead times*. (Womack J, 1990)

A Perfeição é um dos principais motivos que leva à melhoria contínua. Isto deve-se ao fato da organização saber que os interesses, as expectativas e as necessidades de cada *stakeholders* estão sempre a mudar. As empresas deverão apostar numa melhoria contínua e na redução de desperdícios, caminhando sempre no sentido de alcançar a perfeição. (Stephen Woehrl, 2010)

2.3. Sete Desperdícios do *Lean Manufacturing*

O termo desperdício é utilizado para classificar qualquer ato que não acrescenta valor ao produto, ou seja, são todas as atividades realizadas ou recursos utilizados desnecessariamente que apenas acrescentam custo e tempo. O grande problema a combater com o *Lean Manufacturing* é a entrada de *inputs* que se transformam em desperdícios. (Janatyan, 2010)

Ao longo da sua vida profissional os responsáveis pelo desenvolvimento do TPS Taiichi Ohno e Shigeo Shingo identificaram sete tipos de desperdícios, ver figura 3:

² “*Just-in-Case: tem como filosofia optar por ir fazendo, ou seja manter os trabalhadores ocupados.*” (Pinto J. P., 2009)



Figura 3 - Sete Desperdícios do *Lean Manufacturing*

O Excesso de Produção é um dos principais desperdícios do pensamento *Lean*, este desperdício contraria uma importante ferramenta do *Lean*, o *Just-in-Time* que defende produzir apenas o necessário. Ter excesso de produção significa fazer mais do que é necessário, o que irá provocar um aumento dos custos como: consumo de matérias-primas, armazenamento e transporte.

O Tempo de Espera numa empresa pode ser entendido como dinheiro parado, logo, se houver tempos de espera significa que a empresa está a perder dinheiro. Estes tipos de espera surgem geralmente de tempos mortos dos funcionários ou equipamentos, as suas principais causas são: obstrução dos fluxos de trabalho (avarias na maquinaria, acidentes ou defeitos de qualidade), lotes demasiado grandes e existência de atrasos nas entregas. Uma forma de diminuir estes problemas é adotar uma manutenção preventiva³.

Os Processos Inadequados ou desperdícios do próprio processo, este tipo de desperdício está relacionado com os processos fabris que são feitos desnecessariamente. Sabe-se que qualquer processo industrial gera perdas. Essas perdas podem ser reduzidas de modo a que não sejam desperdiçados recursos. Estes desperdícios surgem normalmente de instruções de trabalho que não são perceptíveis e de requisitos de clientes que muitas vezes são de uma enorme exigência e que não são claros numa primeira análise. Para diminuir estes tipos de desperdícios deve ser aplicada uma metodologia de trabalho padronizada e perceber exatamente as especificidades nos requisitos dos clientes.

³ “As ações que, na tentativa de prevenir a ocorrência de falhas, são antecipadas através da substituição de partes do sistema constituem a manutenção preventiva, que na terminologia empregada neste trabalho refere-se ao plano de substituição de peças de equipamentos ou partes que podem falhar em operação, a menos que uma substituição seja feita a tempo” (Glasser, 1969; Barlow & Proschan, 1965; Barlow & Proschan, 1975)

O Trabalho Desnecessário ou sobreprocessamento é o esforço que é feito e que não acrescenta valor ao produto final. Diz respeito às operações e processos que não são necessárias para satisfazer os requisitos dos clientes ou que surgem para tentar corrigir erros do próprio processo.

Os *Stocks* ou Inventário são matérias-primas que estão em armazém, produtos em curso de fabrico ou produtos acabados. Existem inúmeras causas para a existência de *stock*: comprar mais material do que o necessário, produzir mais do que a procura exige, considerar que os *stocks* são normais, existência de problemas de qualidade nos produtos produzidos, processos fabris não balanceados, entre outros. Este tipo de situação pode ser evitado através da realização ou reformulação do planeamento das operações, apostando numa política de melhoria contínua da qualidade.

Os Transportes e Movimentos é a realização de movimentos ou transferências de matérias-primas ou produtos acabados, de um lugar para o outro que não agregam valor ao produto final. Estes movimentos são considerados um desperdício pois aumentam custos e tempo, danificam as matérias-primas ou os produtos finais. Os movimentos estão normalmente associados à falta de organização da empresa, e à má implantação dos equipamentos.

Os Defeitos são erros, falhas ou imperfeições que ocorrem nos processos. Regra geral quando há defeito ocorrem não somente custos internos para a empresa mas ainda custos não quantificáveis como o descontentamento dos clientes. Defeitos que chegam aos clientes originam reclamações que têm como consequência a necessidade de proceder à análise das causas desse defeito por forma a compreender onde ocorreu a falha. Nesta perspectiva a reclamação é uma oportunidade de melhoria. Philip B. Crosby defendia a teoria dos “zero defeitos” e esta busca deverá ser um objetivo da organização como forma de evitar este tipo de desperdícios. (Lachlan Crawford, 1999)

A figura 4 representa a composição do *Lead Time*, onde é evidente o peso que os desperdícios podem ter no tempo que decorre entre a entrada da matéria-prima e a saída do produto final. O tempo que o produto demora a percorrer o seu fluxo produtivo, desde que chega como matéria-prima até que saia em produto acabado é fortemente afetado pelo tempo gasto com desperdícios (Mourtzis, 2014).

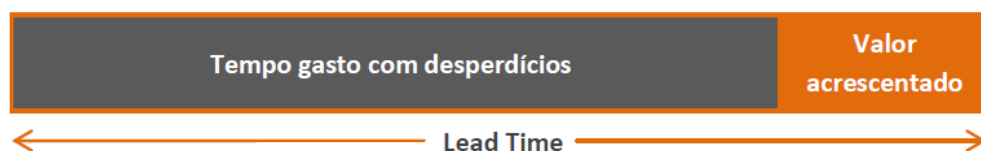


Figura 4- Desperdícios/Valor Acrescentado

Fonte: Adaptado (Womack and Jones, 2003)

2.4. Ferramentas *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing*, sendo uma filosofia de organização, deve ser entendido de uma forma abrangente como uma metodologia assente no envolvimento de todos os recursos humanos. A sua implementação é, antes de tudo, uma questão de atitude e envolvimento, nunca podendo ser entendida como a mera aplicação de um conjunto de ferramentas. Contudo em termos práticos, estando consolidada a sua implementação em termos gerais, existe um conjunto de ferramentas eficientes na melhoria continuada dos ambientes produtivos. Estas ferramentas estão direcionadas para a eliminação de desperdícios e visam melhorar o ambiente produtivo das organizações, maximizando o valor acrescentado através da eliminação dos desperdícios: tempos de espera; excesso de produção; *stock's*; excesso de transportes e movimentações dos bens no processo produtivo; processo inadequado; defeitos nos produtos finais; trabalho desnecessário. O número de ferramentas a que o *Lean Manufacturing* recorre é vasto, variando segundo os autores. Ainda assim é possível identificar um conjunto que se considera o mais representativo e usado na implementação desta abordagem organizacional.

2.4.1. 5's

O conceito 5's é uma prática importante para o quotidiano de uma organização, tem como objetivo desenvolver uma sequência de atividades de modo a criar uma metodologia de trabalho que melhore a produtividade, que alcance vantagem competitiva e reduza os desperdícios (Osada, 1991). A designação 5's tem origem em cinco palavras nipónicas iniciadas por S e que representam os 5 passos na implementação da ferramenta:

- *Seiri*, Arrumar - identificar o que é útil e inútil e separar as coisas necessárias e desnecessárias;
- *Seiton*, Ordem - estipular onde pertence cada coisa e certificar que cada coisa está no seu devido lugar. Organizar o material de modo a que o trabalho seja facilitado;
- *Seiso*, Limpeza - cada um deverá ser responsável pela limpeza no seu local de trabalho, de modo a que esteja sempre tudo limpo. Caso seja necessário deve ser criada uma metodologia para esse processo;
- *Seiketsu*, Normalização - devem-se criar normas gerais para o processo de limpeza e arrumação que abranjam todo o equipamento e todo o edifício de uma organização;
- *Shitsuke*, Disciplina - todos devem cumprir com as suas regras desde organizar, arrumar, limpar e cumprir as normas estabelecidas;

Como podemos ver na figura 5, a ferramenta 5's é um ciclo, pelo que está em constante execução.



Figura 5 - Sequência 5's

A prática 5's é utilizada para melhorar o ambiente físico, eliminando os resíduos que originam uma área de trabalho desorganizada, contribuindo desta forma para melhorar os processos, aumentar a sua segurança e dos seus trabalhadores, reduzir o tempo de espera de cada cliente e produzir com mais eficácia o que se pode traduzir numa diminuição de reclamações. (José H. Ablanedo-Rosasa, 2010)

2.4.2. Andon

O sistema *Andon*, em português designado por lâmpada, é uma ferramenta bastante útil para uma organização, pois permite visualizar em tempo real quando uma máquina está com anomalias. O sistema *Andon* é constituído por um conjunto de luzes coloridas, que acendem e podem ser interpretadas recorrendo a um código de funcionamento do equipamento, como é visível na figura 6. Desta forma constitui uma ferramenta prática e objetiva na identificação de equipamentos com problemas, alertando para a necessidade de assistência técnica.



Figura 6- Sistema Andon

Fonte: Adaptado e Traduzido (4Lean⁴)

Esta metodologia tem como objetivo responder aos problemas em tempo real. A secção de luzes está disposta nas máquinas, num espaço próprio, visível para o responsável da secção conforme exemplificado na figura 6. Existe um painel que assinala simultaneamente as anomalias possibilitando assim uma intervenção rápida.

Este sistema tem sido desenvolvido ao longo do tempo, pelo que as ferramentas modernas já incluem textos, ficheiros áudio ou gráficos, como é visível na figura 7. (Kamada, 2008)



Figura 7 - Painel Andon no Escritório

Fonte: Adaptado (Sergio Kamada)

2.4.3. Bottleneck Analysis

Bottleneck Analysis, em português designado como análise de estrangulamento, é uma ferramenta que serve para identificar em que parte do processo produtivo existem restrições ao rendimento global. Podemos visualizar esse efeito na figura 8.

Os sistemas produtivos podem ser divididos em três fases essenciais: entrada da matéria-prima (*input*), sistema produtivo e saída dos produtos acabados (*output*). A análise é feita no processo produtivo onde são encontrados os “estrangulamentos”, ou seja, todos os pontos que limitam a quantidade de produtos postos a disposição do consumidor final. (Maroueli, 2008)

⁴http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=9&Itemid=182&lang=p

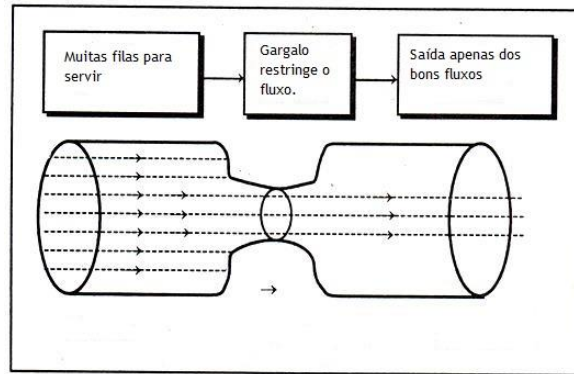


Figura 8- Efeito da restrição no fluxo

Fonte: Adaptado⁵

Esta análise tem com objetivo eliminar as filas criadas pela ineficiência da produção, ou seja, os congestionamentos no processo produtivo. A resolução deste tipo de problema deve ser estudada por um técnico que tenha uma visão sistemática de todo o processo produtivo. Esta técnica ajuda a melhorar o desempenho do processo produtivo evitando paragens consecutivas. (Xiufeng Shao, 2015)

2.4.4. *Gemba (The Real Place)*

Segundo Imai em 1997, *Gemba* quer dizer “onde as coisas acontecem”, ao qual em 2007 Ohno acrescenta “é onde a empresa cria valor”. O *Gemba* é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que visa uma maior aproximação com o processo produtivo, ou seja, os líderes devem estar presente em todo o desenvolvimento do produto ou serviço para terem uma visão em primeira mão e de proximidade com tudo o que acontece no processo. Como é ilustrado na figura que se segue.

⁵<http://www.transtutors.com/homework-help/industrial-management/goldratt-theory-of-constraints/constraint.aspx>

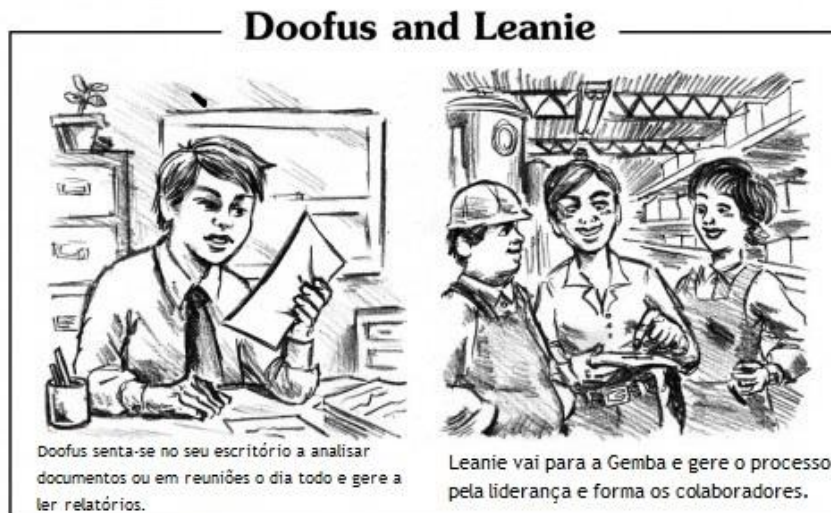


Figura 9 - Processo de por em Prática *GEMBA*

Fonte: Adaptado (www.edbutlerillustration.wordpress.com)⁶

Esta técnica permite compreender de forma exaustiva todos os problemas, ou seja, não resolver os problemas nos escritórios mas sim no local onde o mesmo ocorreu. Assim, os problemas são resolvidos no local adequado com todas as causas disponíveis em tempo real.

O *Gemba* tem como principal objetivo criar valor para empresa e para o cliente. É importante para a empresa que haja operadores que tenham uma visão geral de todo o processo para que seja mais fácil o processo de inovação. Sendo que a inovação nas empresas é um dos principais fatores para a eliminação de desperdícios. (Suárez-Barraza, 2012) O processo de inovação aqui presente é relativo a mudanças positivas no processo de produção e pode não gerar impacto no produto final, mas facilita a sua produção de modo a produzir benefícios como o aumento da produtividade e a redução de custos.

2.4.5. *Kanban*

Kanban significa Cartão de sinalização. São utilizados cartões, post-it ou outros marcadores para regular o fluxo produtivo especialmente em organizações cuja fabricação é feita em série. Este método visa regular o fluxo de mercadorias, relativamente a todos os *stakeholders*.

Com este processo consegue-se ter sempre presente “o que é preciso fazer”, “o que se está a fazer” e “o que foi aceite e terminado”, como mostra a figura 10. Com o *Kanban* consegue-se eliminar os desperdícios e *stock*, e pode-se ainda eliminar os inventários físicos que não são necessários. (Chia Jou Lin, 2012)

⁶ <http://www.leanblog.org/2009/04/doofus-and-leanie-cartoon-1/>



Figura 10 - Metodologia de Kanban⁷

Fonte: Adaptado e traduzido (Kenji Hiranabe, 2008)

O “*Takt-Time*” é uma técnica auxiliar que é utilizada na ferramenta *Kanban* para a conexão de células de produção. Geralmente o sistema *Kanban* é utilizado para operar o sistema logístico entre operações, e quando estas chegam à segunda fase, o sistema é controlado pelo “*takt-time*”.

“*Takt*” é uma palavra alemã que define o compasso de uma composição musical e foi introduzida no Japão durante os anos trinta com o objetivo de definir o ritmo de produção. (Alvarez, 2001) Pode-se visualizar na figura 11.

Segundo Alvarez em 2011, referenciando Iwayama em 1997, “*Takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula.”

⁷ <http://www.infoq.com/articles/hiranabe-lean-agile-kanban>

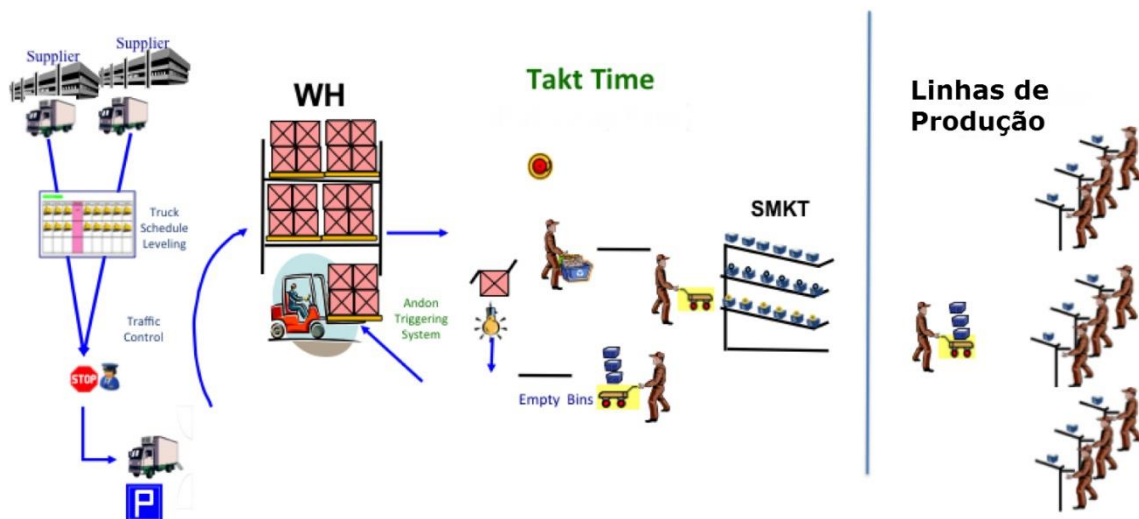


Figura 11 - Ciclo *Takt Time*

Fonte: Adaptado (Alejandro Sibaia)

“*Takt time*” é o ritmo que nivela a produção com a procura do cliente. Este pode também ser visto como o tempo que regula o fluxo dos materiais numa linha de produção. Esta metodologia resulta:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo Disponível de Trabalho}}{\text{Número de Unidades Produzidas Procuradas}}$$

Esta ferramenta é um procedimento simples, consistente e intuitivo de estimulação de produção. (Alvarez, 2001)

Atualmente também se tem desenvolvido o *E-Kanban*, ou seja um *Kanban* eletrónico. Muitas empresas já substituíram o quadro tradicional pelo digital, pois existem sistemas especializados que facilitam a sinalização imediata de toda a cadeia de produção.

Este sistema eletrónico tem várias vantagens sendo a mais perceptível a eliminação de erros decorrentes da perda de referências do placar *Kanban* manual. (Grant MacKerrona, 2013)

Na figura 12 é apresentado um fluxograma onde são identificados os 8 passos para a implementação de um sistema *Kanban*. Este fluxograma identifica as diferentes etapas na implementação do sistema *Kanban*.

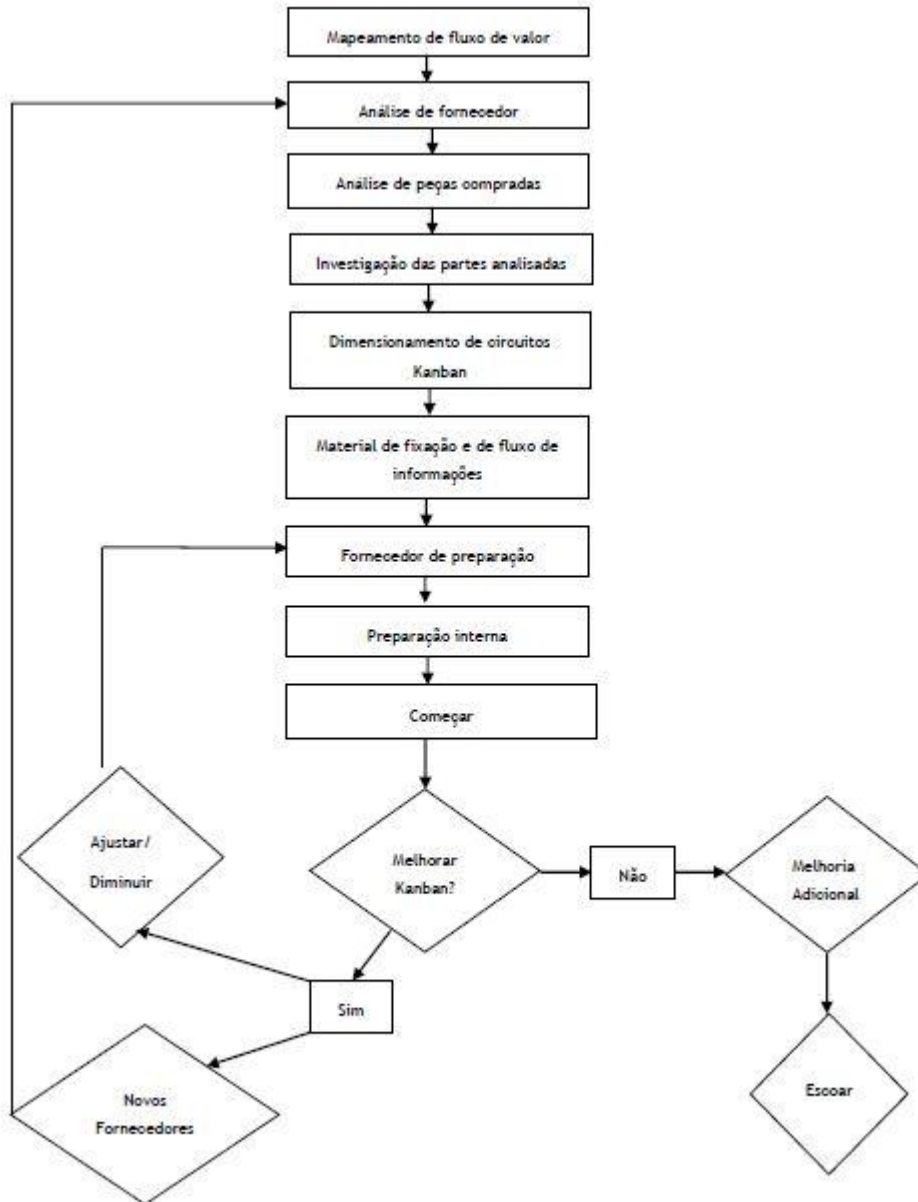


Figura 12- Oito passos para implementar *E-Kanban*

Fonte: Adaptado e traduzido (MacKerron, Kumar e Esain, 2003)

2.4.6. Heijunka

Heijunka em português significa “programação nivelada”. Esta ferramenta tem como principal objetivo nivelar o volume de produção, os tipos de produtos e por fim, o tempo de produção. Quando os três nivelamentos são efetuados o fluxo de produção tem tendência a tornar-se completamente estável, o que permite uma carga de trabalho estável para o trabalhador e a satisfação do cliente no que diz respeito ao tempo e qualidade do produto desejado.

Quando se começa a pôr em prática esta ferramenta analisa-se apenas um tipo de produto de cada vez, isto porque a análise é feita a cada linha de produção isoladamente. Como se pode visualizar na figura 13, que é a produção nivelada das prensas.

A metodologia assenta num planeamento da produção orientada pela sequência de pedidos feitos pelos clientes à organização. Assim, os pedidos são produzidos em lotes mais pequenos de acordo com as necessidades a satisfazer.

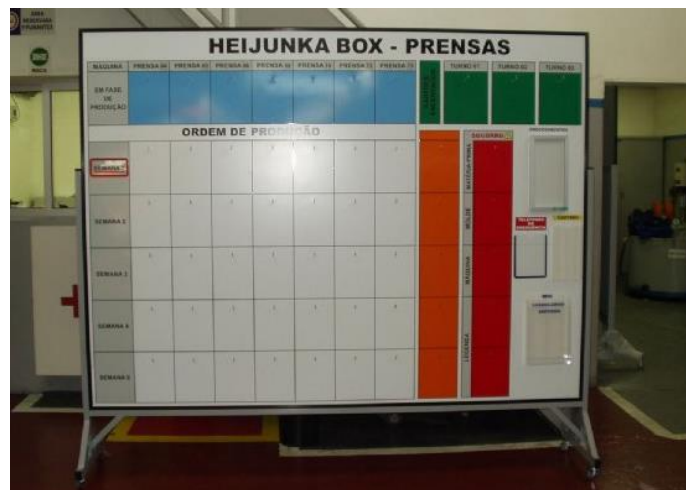


Figura 13 - Exemplo Heijunka

Fonte: Adaptado (José Miguel⁸)

Esta metodologia está direcionada para a flexibilização dos processos produtivos, ou seja, deve ser utilizada em ambientes com grande variedade de procura. Como se pode entender com a figura 14.

O objetivo da programação nivelada é reduzir os prazos de entrega e os *stocks* o que implica uma grande flexibilidade dos processos. Normalmente resulta da redução dos tempos de *setup*. (Judith Matzka, 2012)

⁸ <https://altacuncta.wordpress.com/2011/07/05/ejemplos-de-heijunka-boxes/>

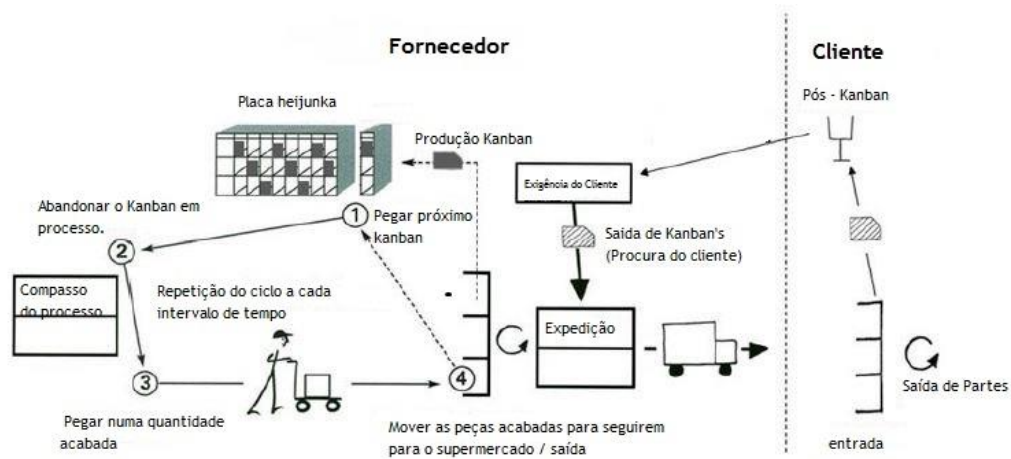


Figura 14 - O sistema Heijunka-Kanban

Fonte: Adaptado: (Judith Matzka 2012)

2.4.7. Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem nipónica e significa melhoria contínua. A Prática *Kaizen* foi implementada pela primeira vez no início da década de 50 e tem como base a melhoria contínua de processos de fabricação, de gestão ou de qualquer outra área. (Buttner, 2012) Esta filosofia defende que todos os elementos da empresa devem agir de forma proactiva, ou seja, devem apostar na melhoria incessante de todas as suas funções.

A figura 15 descreve todas as funções que devem ser desenvolvidas numa empresa para que se consiga alcançar a melhoria contínua.



Figura 15 - Guarda Chuva *Kaizen*⁹

Fonte: Traduzido e adaptado (Imai, 1986)

Esta ferramenta visa integrar as habilidades coletivas de uma organização para criar um mecanismo de eliminação de desperdícios dos processos produtivos. (Yukichi Mano, 2014)

O *Kaizen* é uma ferramenta que consegue melhorar a produtividade e a qualidade do produto final sem aumentar os custos para a organização. *Kaizen* assenta nos seguintes pressupostos: os trabalhadores melhoram sempre as suas capacidades, o trabalho em equipa motiva os trabalhadores, existe manutenção preventiva, prevalece a disciplina no local de trabalho e existe sempre a orientação do que o consumidor deseja.

De acordo com Carlos Mesquita em 2007, se desdobrarmos a palavra *Kaizen*, temos Mudar (**Kai**) e Bem (**zen**), como podemos visualizar na figura 16. Uma das mais célebres frases da filosofia *Kaizen* é: “*Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje!*” evidência bem como a melhoria contínua tem de estar presente na forma de trabalhar.

⁹ <http://www.industriahoje.com.br/kaizen>



Figura 16 - Celebre Frase de *Kaizen*¹⁰

Fonte: Adaptado (Gustavo Periard, 2010)

2.4.8. *Just-in-Time*

O sistema *Just-in-Time*, adiante designado apenas por JIT, é uma filosofia de gestão que procura a excelência através da melhoria contínua. Isso é feito através da eliminação de incertezas, desperdícios e *stocks*. O termo JIT significa à hora certa e pode ser considerado um sistema administrativo de produção.

O lema desta filosofia é produzir o produto certo, na quantidade exata, no sítio adequado e no momento oportuno, reduzindo os níveis de *stock*, melhorando o fluxo e reduzindo o requisito de espaço. Esta ferramenta exige dos gestores de produção uma grande organização das matérias-primas e do planeamento da produção sem gerar *stock*.

A filosofia JIT envolve duas ferramentas essenciais do *Lean Manufacturing*: *Kaizen* (produção puxada) e *Heijunka* (produção nivelada). (Ohno, 1988)

A figura 17, mostra como ocorre o método tradicional de *Kanban* num processo de JIT.

¹⁰ <http://www.sobreadministracao.com/voce-conhece-a-filosofia-kaizen-conceito-aplicacao/>

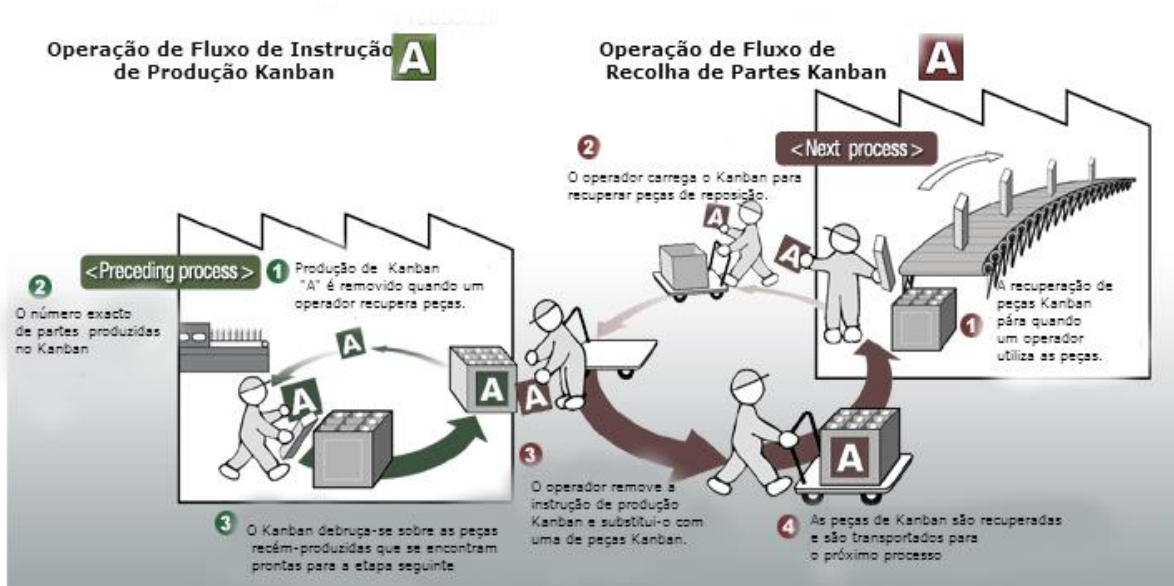


Figura 17 - Processo *Just-in-Time*¹¹

Fonte: Adaptada e Traduzido (*Toyota Motor Corporation*)

O JIT pode ser aplicado a qualquer sistema organizacional, sendo considerado um dos principais pilares do *Lean*, como se pode ver na figura 18, e é um dos fatores que mais contribui para a consolidação da filosofia *Lean Manufacturing* numa organização. (Hany Seidgar, 2014)

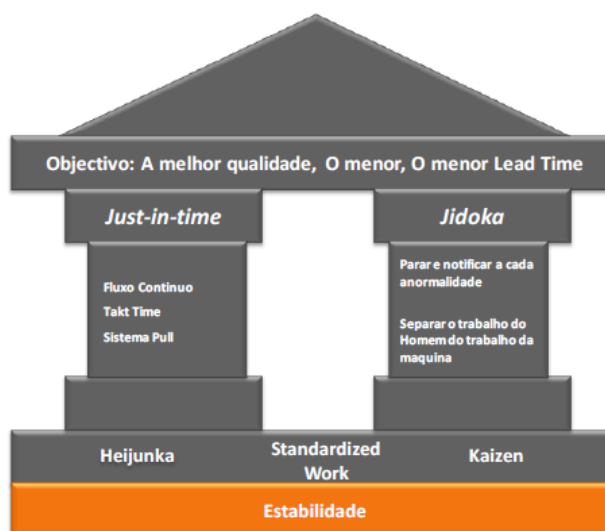


Figura 18 - Casa *Toyota*

Fonte: (Shook and Marchwinski, 2003)

¹¹http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html

2.4.9. Jidoka

O *Jidoka* é uma filosofia que assenta na automação, ou seja, no desenvolvimento de sistemas que permitem que cada imperfeição seja detetada pela máquina sem que seja necessária a intervenção humana. Deste modo, as imperfeições são detetadas e reparadas antes de serem transferidas para a fase seguinte, evitando desta forma gastar tempo e recursos num produto com defeito. Esta ferramenta está direcionada para a deteção do defeito e das suas causas. Os equipamentos do processo produtivo são equipados por forma a pararem quando é detetado o defeito.

A figura 19 mostra que o *Lean Manufacturing* não seria sustentável com um único pilar e realça a importância do *Jidoka* no *Lean Manufacturing*.

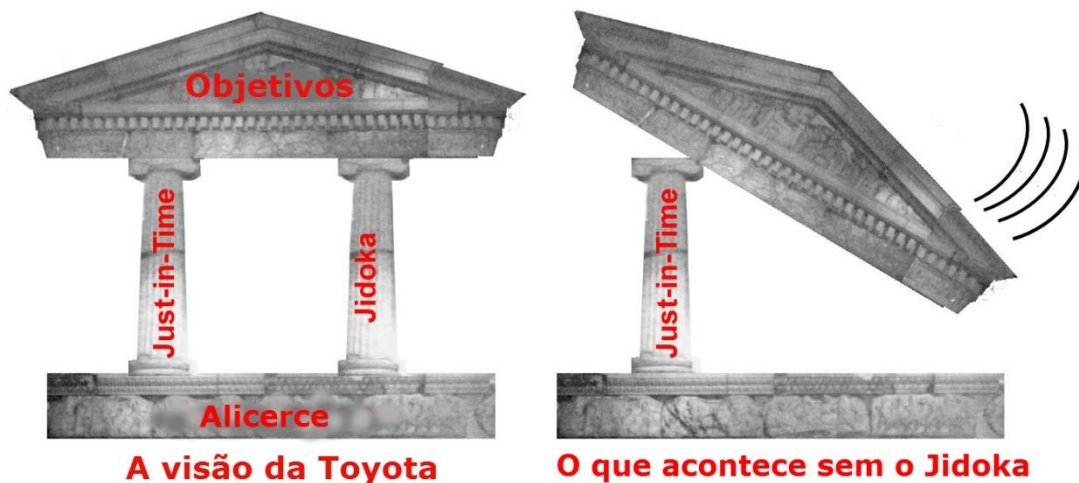


Figura 19 - Base do *Lean Manufacturing*

Fonte: Adaptado e traduzido (Michel Baudin's, 2011)

O facto de os equipamentos possuírem esta tecnologia, liberta mais os operadores possibilitando que comandem diferentes máquinas em simultâneo. Por outro lado o facto de os equipamentos pararem quando produzem com defeito obriga a manutenção a intervir com maior assiduidade e em tempo oportuno conduzindo normalmente à redução de custos com a manutenção. Uma manutenção regular que mantém os equipamentos a laborar dentro de rigorosos critérios de qualidade, contribui para uma melhor regulação do próprio processo de manutenção. (Emre Berk, 2009)

2.4.10. PDCA

O ciclo *PDCA* é assim designado devido às iniciais das palavras em inglês: *Plan*, *Do*, *Check*, *Act*.

Esta ferramenta foi desenvolvida pelo primeiro “Guru” da qualidade, Walter Shewhart no decorrer dos anos 30 no Japão, tendo sido popularizado por Edwards Deming. (Nakahara, 2013)

É uma metodologia iterativa que tem como principais objetivos o controlo e a melhoria continua. Para tal é realizado um ciclo de tarefas de modo a que se executem todas as etapas, ver figura 20.

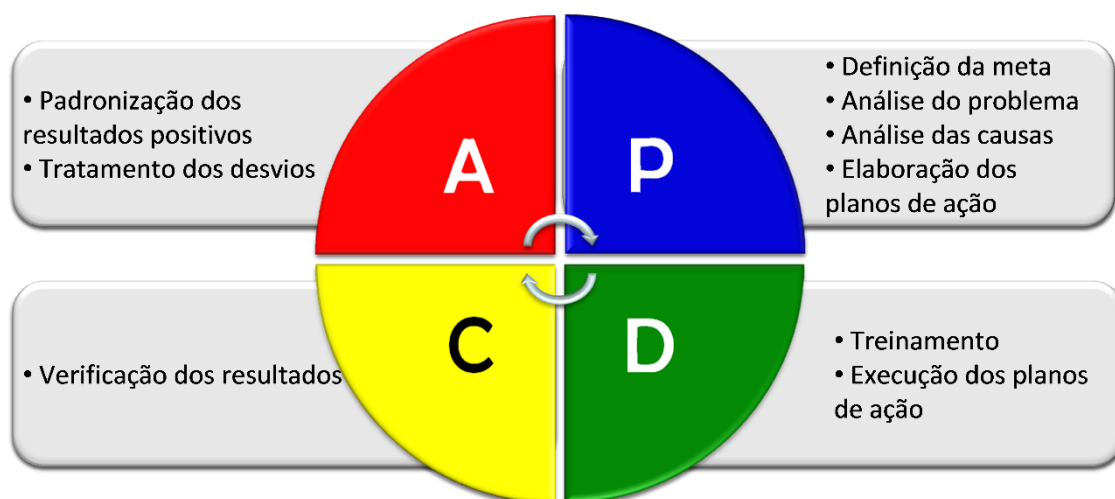


Figura 20 - Ciclo *PDCA*

Fonte: Adaptado (TCEPR¹²)

Aplica-se uma abordagem científica para fazer melhorias segundo um ciclo:

- Planear (*Plan*)
- Fazer (*Do*)
- Verificar (*Check*)
- Agir (*Action*)

O processo tem início no planeamento onde se começam a definir os objetivos base de todo o processo empresarial e a planear as ações necessárias para os alcançar. De seguida põe-se em prática o que foi estipulado no planeamento. Posteriormente procede-se à verificação de tudo o que foi realizado e compara-se com os objetivos esperados de modo a que se houver

¹² <http://www1.tce.pr.gov.br/conteudo/ciclo-pdca/235505/area/46>

algum problema se possa agir na hora. Este ciclo repete-se ininterruptamente buscando sempre a perfeição. (Nakahara, 2013)

2.4.11. Hoshin Kanri

Esta ferramenta surgiu entre 1950 e 1960 nas empresas japonesas que procuravam a melhoria contínua e foi designada em 1964, como *Hoshin Kanri* por Bridgestone Tire. (Akao, 1991)

O termo *Hoshin Kanri*, em português designado por “gestão da política”, é uma ferramenta utilizada para gerir projetos complexos. É também designado como um processo de fazer ouvir a “Voz do Cliente” como um sistema de qualidade ou ainda como um plano de gestão operacional que garante que a empresa consegue ter lucro de uma forma sustentável.

Para que esta ferramenta tenha sucesso é necessário interligar os projetos inovadores e complexos com planos de gestão, assim, conseguir-se-á adquirir flexibilidade na produção e diminuir prazos de resposta.

A figura 21 ilustra o início do processo *Hoshin* em que o topo da empresa (definido como corporativo) define os objetivos e elabora o planeamento anual e as metas a cumprir.

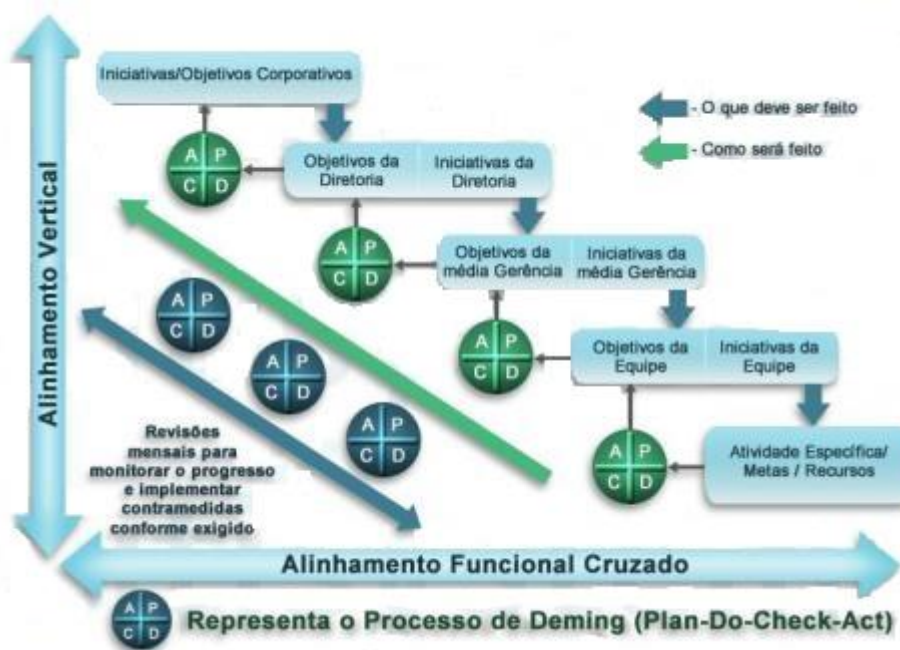


Figura 21 - Modelo de Hoshin Kanri

Fonte: Adaptado (Cristiano Bertulucci Silveira¹³)

De acordo com João Pinto em 2009, se desdobrarmos as palavras *Hoshin Kanri*, temos Direção (*Ho*), Agulha (*shin*) com Controlo (*Kan*) e Razão (*Ri*). Ora vejamos, a palavra *Hoshin* significa

¹³ <https://qualidadeonline.wordpress.com/category/ferramentas-da-qualidade/page/3/>

um caminho a seguir e *Kanri* significa gestão. “*Hoshin Kanri significa a gestão e o controlo da direção e da focalização da empresa*”¹⁴

Esta metodologia indica o caminho a seguir, visto que planeia todas as atividades diárias de uma empresa em linha com os seus objetivos de médio e longo prazo. Assim sendo, a organização consegue eliminar uma grande parte dos desperdícios que derivam da má comunicação interna. (Yangb, 2013)

2.4.12. *Poka-Yoke*

Esta metodologia tem por base um conceito defendido em 1961 por Philip B. Crosby que consiste numa filosofia de “zero defeitos”. (Watson, 2005) Um sistema *Poka-yoke* é um método que tem como objetivo impedir que ocorram erros ou, caso existam, fazer com que estes sejam detetados de modo a que possam ser corrigidos de imediato.

A figura 22 mostra o exemplo de uma legenda para que não sejam cometidos erros.

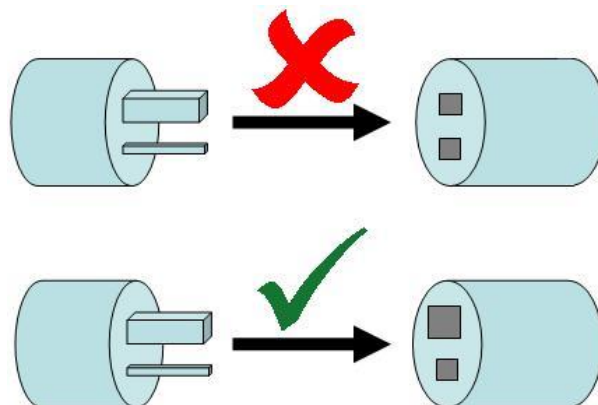


Figura 22 - Exemplos de uso da *Poka-Yoke* numa tomada de dois pinos.

Fonte: Adaptado (Vivian Fiorio e Fábio Henrique)

Esta ferramenta configura uma forma de ajudar os operadores as desempenhar as tarefas sem cometer erros.

Este sistema não é novo e foi inicialmente utilizado em sistemas de segurança sendo adaptado à área de processos após a segunda guerra mundial. (Arash Shahin, 2010)

¹⁴ (Pinto J. P., 2009)

2.4.13. TPM – Total Productive Maintenance

Chamada em português de Manutenção Produtiva Total e adiante apenas designada por TPM, é uma ferramenta que surgiu no Japão para reduzir custos, eliminar desperdícios e garantir a qualidade dos produtos ou serviços. Este sistema aposta na proatividade da manutenção, ou seja, numa manutenção preventiva para que as instalações funcionem da melhor forma possível. Tal como o seu nome indica esta metodologia tem intuito de ser Total, pelo que engloba todos os funcionários desde os administradores de topo até aos operadores.

Na figura que segue, mostra os ramos em que a TPM aposta:



Figura 23 - Modelo TPM

Fonte: Adaptado e Traduzido (*Lean Production*¹⁵)

A TPM é uma nova “cultura” nas empresas. Para que as empresas tenham capacidade de adotar esta metodologia é necessário fazer um estudo prévio onde se analisam as barreiras à sua implementação. Este passo obriga a um esforço de previsão na deteção de obstáculos à aplicação do TPM. (Rajesh Attri, 2014)

¹⁵ <http://www.leanproduction.com/tpm.html>

2.4.14. VSM – Value Stream Mapping

Value Stream Mapping, em português designado por Mapa de Fluxo de Valor e adiante designado por VSM. É uma ferramenta muito útil, utilizada para organizar visualmente o fluxo de produção e verificar se as ações de produção criam valor no produto. É considerado também um método de visualização do estado dos processos. Como mostra a imagem 24, considera-se o estado atual e compara-se com o estado futuro.

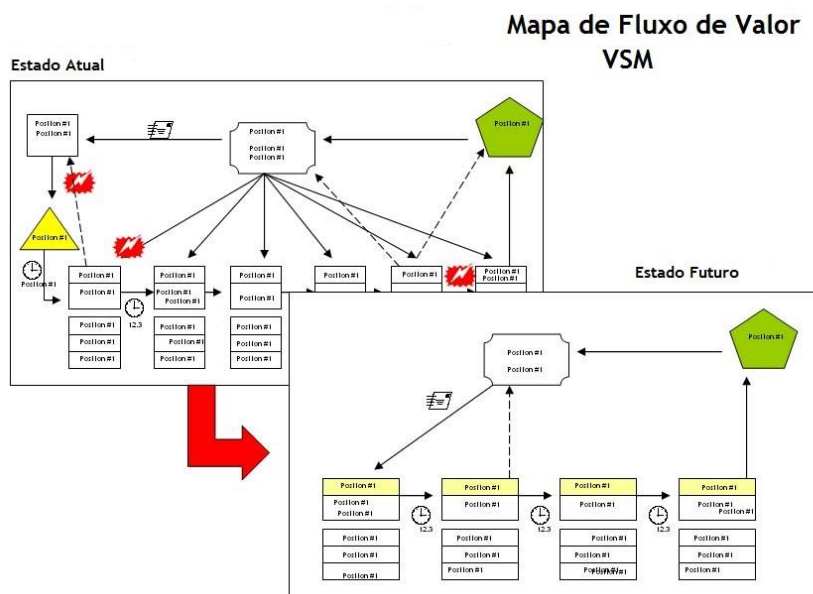


Figura 24 - Fluxos de informação VSM

Fonte: Adaptado e traduzido (JC Gatlin 2010¹⁶)

Esta ferramenta tem com principais objetivos: identificar e eliminar desperdícios; facilitar a visualização do fluxo de materiais e das informações; ajudar a identificar pontos de melhoria no fluxo produtivo. (William Faulkner, 2012)

2.4.15. SMED – Single-Minute Exchange of Die

Teoria inicialmente desenvolvida por Taiichi Ohno (Shingo 1985), *Single-Minute Exchange of Die*, adiante designado apenas por SMED, pode em português ser interpretado por troca rápida de ferramentas. Esta metodologia foi desenvolvida para reduzir e simplificar o tempo de preparação durante a mudança de processo.

¹⁶ <https://leanhomebuilding.wordpress.com/2010/04/14/value-stream-maps-visualizing-waste/>

A figura 25 mostra um exemplo do SMED.



Figura 25- Exemplo das Boxes de Fórmula 1

Fonte: Adaptado (Manufatura Inteligente)¹⁷

O SMED tem como objetivo reduzir os tempos de paragem, para isso foram identificados três objetivos:

- Eliminar etapas desnecessárias;
- Facilitar as configurações internas;
- Padronizar o trabalho.

A utilização do SMED e a consequente redução dos tempos de preparação facilita a produção em lotes menores, reduz os *stocks* e ajuda na melhoria de resposta ao cliente. (Pais, 2010)

¹⁷ <http://www.manufacturainteligente.com/implementar-smed-lean-single-minute-exchange-of-dies/>

Capítulo 3 - *Internet of Things*

3. *Internet of Things*

3.1. O que é *Internet of Things*?

3.1.1. Rede RFID

3.2. Características da *Internet of Things*

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

3. *Internet of Things*

“Electrodomésticos que aprendem os gostos dos utilizadores e carros que reconhecem o condutor pelo relógio não são ficção científica. Entre protótipos e produtos acabados, este é um futuro que já começou” [João Pedro Pereira (10/01/2015)]

3.1. O que é *Internet of Things*?

A expressão “*Internet of Things*” surgiu nos anos 90 no MIT Auto-ID Labs (Ashton, Auto-ID Labs, 2011). A *Internet of Things*, adiante designada como IoT, surge do desenvolvimento de RFID e *Wireless Sensor Networks* e tem como objetivo interligar e integrar o mundo físico e o mundo cibernético. A Internet das coisas exhibe uma tendência do futuro, redes de comunicações móveis e redes de sensores sem fios. Tudo isto pode levar a uma revolução industrial na área das tecnologias informáticas e representa o futuro da comunicação e computação. (Ma, 2011)

A IoT consiste em tornar todas as coisas físicas em objetos autónomos, isto é, que cada coisa se pode tornar numa espécie de computador ligado à Internet. Sabendo que as coisas não se podem transformar em computadores, mas podem possuir mini computadores.

A ideia da Internet das Coisas consiste em tornar os objetos em “coisas inteligentes”. Os limites das coisas inteligentes dependem da autonomia, da transformação dos diferentes estados e da sua comunicação. (Fleisch, 2010)

Segundo o presidente executivo da multinacional sul Coreana Samsung, Boo-Keun Yoon, “*A Internet das coisas tem capacidade de transformar a nossa sociedade, economia e a forma como vivemos as nossas vidas. A Internet das coisas não é sobre coisas, é sobre pessoas. Cada indivíduo está no centro do seu próprio universo tecnológico, o universo da Internet das coisas vai adaptar-se constantemente e mudar à medida que as pessoas se movem no seu mundo.*”¹⁸

O conceito “*Internet of Things*” não é completamente novo, mas só recentemente é assunto de estudo. Esse estudo tem incidido principalmente no desenvolvimento de *software* e *hardware*. Este conceito tem sido um dos principais temas dos investigadores e têm como principal objetivo compreender e contribuir para a fusão em curso entre o mundo físico e a Internet.

¹⁸<http://www.publico.pt/tecnologia/noticia/empresas-foram-a-las-vegas-vender-a-internet-das-coisas-1681757>

Segundo o Doutor Eduardo H. Diniz, a internet das coisas surge de uma nova necessidade de conexão derivada da Internet, ou seja, para além das capacidades já existentes da internet agora também possibilita a comunicação com qualquer coisa. Isto irá dar origem a dois novos conceitos: H2T (Human to Thing) e T2T (Thing to Thing). Estes dois conceitos explicam a evolução que se dá com a introdução da IoT no quotidiano. Passa-se então de H2T (*humano-coisa*) para T2T (*coisa-coisa*). Isto quer dizer que, até aos dias de hoje, para que os equipamentos funcionassem entre si, era necessária uma pessoa para que tal acontecesse e com a introdução da internet das coisas deixa de ser necessário a intervenção das pessoas. As coisas passam a funcionar e a comunicar entre si autonomamente.

Existem exemplos bem visíveis a nível industrial tais como: o uso das redes RFID (*radio frequency identification*) nas grandes empresas e nos armazéns de grossistas para ligar os objetos aos computadores, ficando tudo ligado a uma única rede (T2T). (Diniz, 2006)¹⁹

Em Portugal, já existem exemplos de aplicação da Internet das coisas, pelo que não é um assunto completamente novo. Um exemplo da Internet das coisas em Portugal é o sistema conhecido por “Via Verde”. Este sistema é um exemplo bem visível de equipamentos inteligentes que estão ligados por Internet e por rede RFID.

O primeiro sector onde se irá sentir a aplicação da *Internet of Things* é previsivelmente no sector automóvel, em particular nos automóveis autónomos. Os grandes produtores de automóveis apostam neste novo conceito, onde todos os equipamentos estarão ligados à Internet. Uma das vantagens apontadas é o facto de os equipamentos possuírem uma inteligência fictícia sendo capazes de comunicar entre si. Um exemplo são os automóveis autónomos que possuem tecnologia para estacionar sozinhos.

Ainda no setor automóvel estão a ser desenvolvidos protótipos com piloto automático. Estes novos equipamentos exigem uma rede de comunicação entre os veículos e outros elementos presentes na estrada. A Audi e a LG estão a desenvolver um relógio inteligente, que tem por objetivo servir para destrancar o automóvel ou encontrar o veículo no meio de um estacionamento. Mais inovador ainda o relógio permite reconhecer a ergonomia do condutor e ajustar o banco, os retrovisores e todos os componentes do automóvel para uma perfeita condução.

A BlackBerry define que a Internet das Coisas é um sistema inteligente que tem como principal objetivo auxiliar os serviços empresariais que desejem ter vários tipos de equipamentos ou máquinas interligados entre si, tais como camiões, telemóveis, centros de informação, etc.

¹⁹ <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/view/34372/33170>

3.1.1. Rede RFID

Radio Frequency Identification, adiante designado apenas por RFID, é uma tecnologia recente que já ultrapassou algumas tecnologias clássicas. Esta tecnologia contém códigos de barras omnipresentes que necessitam da colocação de um ID eletrônico, de modo a que seja identificado e decodificado à distância. No quadro abaixo podemos visualizar as diferenças entre *radiofrequência* e *radio frequency identification*:

Tabela 1- RF Vs RFID

RF	RFID
Identificação de um objeto pelo código de barras;	Identificação de qualquer objeto através de um <i>microchip</i> ;
Uso limitado a espaços (e.g. Armazém);	Capacidade de identificar objetos em movimento;
Frequência 3 kHz a 300 GHz.	Frequência 9 kHz a 3000 GHz.

A tecnologia RFID faz com que o *microchip* do objeto reúna informação, o que o torna completamente independente, com uma identificação própria. A RFID evolui em relação à RF na sua capacidade de rastreabilidade, pois consegue identificar o produto em tempo real seja qual for o seu movimento. Esta é uma aplicação que ajuda na identificação de tentativas de roubo, fraude, danos, falsificações, etc.

Em suma, a tecnologia RFID facilita a comunicação entre produtos etiquetados com os leitores automático de dados, que remeterá para um controlador que gere os objetos. A conciliação desta tecnologia com as bases de dados que permitem, a título de exemplo, que um retalhista tenha uma visão alargada dos hábitos de consumo dos consumidores e das compras efetuadas de cada produto.

A imagem 26 mostra como é composto o sistema de *Radio Frequency Identification*. (Dias, 2013)



Figura 26- Rede RFID

Fonte: Adaptado²⁰

3.2. Características da *Internet of Things*

A *Internet of Things* tem como principais características: (Ma, 2011)

- i) Instrumentar os objetos, isto é, significa que os objetos comuns, como por exemplo: copos, mesas, parafusos, alimentos e pneus de automóveis podem ser endereçados individualmente por meio de um chip RFID, código de barras ou outro sistema.
- ii) Interligar terminais autônomos, significa que os objetos físicos instrumentados são conectados como terminais de rede autônomos.
- iii) Os serviços invasivos são inteligentes, ou seja, estando interligados permitem a cada objeto penetrar de forma inteligente para que o serviço possa fluir adequadamente.

Além das características descritas em cima também tem que ser respeitado um conjunto de requisitos, tais como: ser uma rede sem fios robusta; possuir energia eficiente para que seja possível ativar os sensores e existir protocolos com recursos de segurança e de transporte de energia. (Fleisch, 2010)

Atualmente cerca de cinco mil milhões dispositivos abastecem uma população de quase sete mil milhões de pessoas em que apenas mil e quinhentos milhões têm acesso à Internet. Aparentemente são números grandes mas na realidade não são, comparando com as coisas que se produzem. Consegue-se perceber qual a dimensão da grandeza da IoT através das estimativas de produtos que são produzidos para consumo por ano.

Enquanto a Internet está direcionada para humanos (utilizadores) e a IoT tem como característica base a não existência da intervenção humana direta. A IoT defende que as coisas

²⁰ http://www.gta.ufrj.br/grad/12_1/rfid/links/funcionamento.html

comunicam entre si de forma inteligente e essa forma de comunicação é designada como “*Machine-to-machine*”. (Friedemann Mattern, 2009)

A *Internet of Things* tem como principal vantagem a ligação de todos os objetos de forma inteligente. (Rowley, 2007) Este conceito tem mais vantagens quando é visualizado em áreas específicas, como na indústria de retalho onde o código de barras é substituído por *tags*²¹; na logística a comunicação será feita diretamente entre cliente e fornecedor sem intervenção humana, acelerando todo o processo; na indústria farmacêutica facilita o consumo dos medicamentos graças aos *tags* que estão dentro das embalagens, que avisam o utente dos seus efeitos secundários e a dose recomendada diária; na indústria alimentar, por exemplo, na exploração pecuária o sistema também utiliza *tags* e permite fazer o rastreio de doenças e da medicação dada aos animais permitindo verificar se os animais têm alguma doença ou se lhe foi ministrada alguma medicação recentemente. Caso isso se verifique permite que o mesmo seja controlado antes de ser abatido; na saúde através da implementação de chips o acesso à informação e consequentemente, ao diagnóstico de doenças, pode ser mais rápido; e por fim nos transportes em que os automóveis poderão vir a comunicar entre si evitando acidentes e tornando as viagens muito mais seguras. (Santucci, 2008)

A IoT também possui desvantagens, pode mesmo ser considerada inconveniente para as pessoas, o termo IoT pode ser associado a atos de espionagem, violação de privacidade com implicações na confidencialidade de dados.

²¹ *Tags* são sensores colocados nos dispositivos que permitem saber a localização de cada produto e tem capacidade de comunicar. Em português é designado por etiqueta.

Capítulo 4 - Interligação da *Internet of Things* com as Ferramentas do *Lean Manufacturing*

4. *Lean Manufacturing*

4.1. História e Conceito *Lean Manufacturing*

4.2. Pilares do *Lean Manufacturing*

4.3. Sete Desperdícios do *Lean Manufacturing*

4.3.1. *Internet of Things* Vs 5's

4.3.2. *Internet of Things* Vs Andon

4.3.3. *Internet of Things* Vs Heijunka

4.3.4. *Internet of Things* Vs Just-in-Time

4.3.5. *Internet of Things* Vs Kanban

4.3.6. *Internet of Things* Vs Poka-Yoka e Jidoka

4.3.7. *Internet of Things* Vs SMED e TPM

4.4. *Internet of Things* provoca o desenvolvimento de PDCA e Kaizen

“Só um sentido de invenção e uma necessidade intensa de criar levam o homem a revoltar-se, a descobrir e a descobrir com lucidez”

(Pablo Picasso)

4.1. Introdução ao Estudo de Aplicação

Este capítulo da dissertação tem como objetivo, fazer uma ligação entre as ferramentas do *Lean Manufacturing* com a *Internet of Things*. Esta análise será realizada tendo em conta toda a pesquisa efetuada e referida nos capítulos anteriores. Para efeitos deste trabalho, visto que o conceito tem muitas definições, considera-se que a *Internet of Things* é quando os equipamentos são completamente autónomos e não necessitam de intervenção humana (*machine-to-machine*).

O *Lean* pode ser implementado, com resultados comprovados, tanto na indústria como nos serviços. Frequentemente é reportada a dificuldade de aplicação de uma abordagem *Lean* quer do ponto de vista de filosofia quer do ponto de vista da implementação de ferramentas. Em seguida vai ser estudado um conjunto de casos onde se considera que a IoT pode contribuir para uma aplicação mais eficiente das ferramentas *Lean*.

Neste capítulo vão ser também analisados alguns casos já estudados e que podem servir de modelo inspirador para a utilização da IoT em ambientes *Lean*. Temos por exemplo os veículos inteligentes, onde se irá, mais à frente abordar o protótipo *Mobii* e ainda a utilização de sensores em diferentes produtos nomeadamente roupa.

Um exemplo de veículo inteligente é o carro do Google²², que não tem volante, acelerador ou travões e é o primeiro veículo apresentado sem qualquer intervenção humana. Comparativamente aos veículos normais são viaturas que garantem uma condução segura. O sistema autónomo do veículo inclui um *software* que consegue detetar vários objetos ao mesmo tempo, desde peões, sinais de trânsito e outros veículos. Tem sensores que permitem detetar objetos a uma distância de 180 metros, anda a uma velocidade máxima de 40km/hora e o percurso é controlado através de uma aplicação de *smartphone*, o carro vai buscar autonomamente o passageiro e efetua a viagem até a origem escolhida no dispositivo.

A figura 27 mostra o protótipo do veículo produzido pela Google.

²² <http://www.publico.pt/tecnologia/noticia/carro-do-google-nao-tem-volante-acelerador-travoes-e-anda-a-40kmh-1637767>



Figura 27 - Exemplar do Carro Google

Fonte: Adaptado (Notícia do Jornal Público)

O exemplo apresentado é elucidativo da forma como objetos, neste caso sensores e órgãos mecânicos, podem ser articulados por forma a termos um equipamento autónomo.

O Protótipo *Mobii*²³ é uma funcionalidade que está a ser desenvolvida em conjunto pela *Ford* e *Intel*. Neste caso o automóvel está equipado com uma câmara e um *software* para processar informação. A câmara faz um reconhecimento facial do condutor e envia informação ao *software* do carro sobre o quotidiano do mesmo, desde música ao ajustamento automático de diversos equipamentos como bancos, espelhos, etc. Caso o veículo não reconheça o motorista, a câmara tira fotografia e envia para o dono do automóvel de modo a evitar roubos.

A figura que se segue é um protótipo do projeto *Mobii*.

²³ <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>



Figura 28 - Exemplar do *Project Mobii*

Fonte: Adaptado (Foto divulgada pela Ford)

No caso da indústria têxtil, têm vindo a ser estudados dispositivos que permitirão o desenvolvimento de vestuário que poderá ser designado por inteligente. Este vestuário incorporará sensores que registarão mudanças de temperatura do corpo e do ambiente ajustando-se de acordo com elas. Este tipo de vestuário poderá ser usado em diferentes ambientes incluindo os industriais com impacto direto na produtividade o que permitirá um maior conforto térmico.

4.2. Impacto da IoT nas Ferramentas do *Lean Manufacturing*

4.2.1. *Internet of Things Vs 5's*

Pretende-se estudar de que forma a IoT pode contribuir para uma mais fácil e rápida implementação da ferramenta 5's. *Recorde-se que o 5's comporta 5 fases Seiri, Arrumar, Seiton, Ordem, Seiso, Limpeza, Seiketsu, Normalização e Shitsuke, Disciplina.*

Neste caso entende-se que a IoT pode contribuir para uma mais rápida consolidação nas diferentes etapas dos 5's. Uma das dificuldades na implementação do 5's é a manutenção das normas estabelecidas, disciplina. Poder-se-á neste caso imaginar com facilidade diferentes exemplos em que a IoT poderá contribuir para a consolidação desta ferramenta. Pensemos num sistema onde foram definidos os padrões de arrumação pretendidos, por exemplo, arrumação de cadeiras num aeroporto. Em espaços públicos é frequente possibilitar ao utilizador a colocação da cadeira no espaço que mais lhe agrada. Um problema recorrente dessa abordagem flexível é a arrumação do espaço quando múltiplos utilizadores o frequentam. Estando definido o *standard* de localização das cadeiras será possível, com

recurso à IoT, que as próprias cadeiras estejam equipadas para, de forma autónoma, se movimentarem e retomarem determinadas posições em determinadas condições de utilização.

Composição do sistema:

- i) Cadeiras instrumentadas²⁴ que permitam avaliar se estão a ser utilizadas ou não; capacidade de determinação de coordenadas específicas de posicionamento tanto atual como inicial; sensores que permitam analisar quando se aproximam de um obstáculo para o evitar, e por fim, conter um contador para contar o tempo que a cadeira está sem ser utilizada.
- ii) Posicionamento, cada cadeira tem uma referência através de coordenadas que mostra o seu lugar inicial.
- iii) Base de dados, equipada com um *software* para fazer a comunicação entre a cadeira e o seu posicionamento através de uma rede RFID, para que assim que a cadeira atinja o tempo de não utilização, retorne automaticamente para a sua posição inicial para que possa ser utilizada novamente por outra pessoa.

Inicialmente as cadeiras estão todas dispostas na posição inicial, pelo que qualquer pessoa que esteja no aeroporto poderá pegar numa e levá-la para onde quiser. As cadeiras são aparentemente normais e as pessoas podem dispor delas em qualquer sítio dentro do recinto do aeroporto. Após um período de tempo sem serem utilizadas, regressam automaticamente ao lugar inicial. A cadeira está ligada a uma rede RFID que irá comunicar com a base de dados que por sua vez fará com que regresse à posição inicial. Dado que no processo de regresso podem encontrar obstáculos, tais como pessoas ou malas, têm de extra equipadas com um sensor que as fará mudar a rota quando tal acontecer.

Neste caso está presente a ferramenta dos 5's e a IoT. Todo este processo será automatizado através de sensores e redes RFID e não terá intervenção humana. Neste sistema está presente a função de arrumar no processo de retorno ao lugar de origem após a utilização. O fato de as cadeiras terem sensores que as direcionam exatamente para a sua posição inicial faz com que seja mantida a ordem. Para que tudo isto aconteça, inicialmente serão criadas as normas gerais que serão inseridas nos equipamentos de modo a que tudo seja realizado sobre uma forma padrão.

Este exemplo é meramente ilustrativo podendo ir mais longe em termos de autonomia. Considere-se que se pretende introduzir novas variáveis. As cadeiras em vez de estarem posicionadas numa central podem ser instrumentadas para procurar espaços com maior

²⁴ Cadeiras instrumentadas com *Extensómetro*: elemento que se deforma quando está a ser utilizado, geralmente utilizado nas balanças.

luminosidade ou com maior conforto térmico. Na prática a imaginação limitará o tipo de independência do sistema.

4.2.2. *Internet of Things Vs Andon*

A ferramenta *Andon* é utilizada na linha de produção pelo que a sua interligação com a IoT pode ser feita no reajuste da produção quando uma máquina sai da sua produção normal, ou seja, quando houver uma anomalia no processo ou quando a máquina anterior produzir mais ou menos do que é estipulado.

Composição do sistema:

- i) Linha de produção, em que as máquinas comunicam entre si através de uma rede RFID. Quando existe um processo fora do normal com a máquina A, a máquina B, a jusante, detetará a anomalia e irá comunicar com a central RFID para reajustar a máquina A.
- ii) Central de dados, as máquinas da linha de produção vão comunicar à central de dados quando a máquina anterior deve ser reajustada. Sendo possível, o sistema informático procederá automaticamente ao reajustamento do equipamento com problema.
- iii) Luzes indicadoras do estado da produção.

A linha de produção de um determinado produto é automatizada, ou seja, todo o processo de transformação desde a matéria-prima até ao produto acabado é realizado sem intervenção humana. A matéria-prima é inserida na linha de produção e tem que passar pelas diversas máquinas que irão transformá-la em produto final, inicialmente a matéria-prima é colocada na entrada do processo produtivo e será conduzida à primeira máquina para começar a sua transformação. A máquina ao transformar a matéria-prima vai estar em comunicação com a central de dados do produto, comunicando se está conforme, e acenderá uma luz correspondente ao seu estado. Quando o produto em processamento tem algum defeito, será retirado do processo automaticamente. A interligação entre os diferentes equipamentos permitirá reajustar permanentemente a linha de produção. Os equipamentos que estiverem a gerar problemas irão enviar informação para a central de dados sobre o problema específico. Esta informação também poderá ser importante para efeitos de manutenção.

Neste caso está presente a ferramenta *Andon* e a IoT, pois todo o processo de produção será automático através de sensores e redes RFID e não tem presente a intervenção humana.

4.2.3. *Internet of Things Vs Just-in-Time*

O *Just-in-Time* tem como objetivo manter elevados níveis de produção reduzindo em simultâneo os níveis de existências. A IoT pode ser um poderoso aliado na aplicação do JIT.

Considere-se uma linha de montagem em que os componentes utilizados são produzidos no exterior.

Composição do Sistema:

- i) Linha de produção onde é feita a montagem de determinado produto;
- ii) Sistema de comunicação com os fornecedores funciona através da internet. Permite que os fornecedores acompanhem em tempo real a produção da linha.

Habitualmente este tipo de empresas tem um horizonte de planeamento que lhes permite ter uma alimentação regular por parte dos seus fornecedores. A introdução da IoT e do acompanhamento em tempo real permite uma melhor resposta por parte dos fornecedores sempre que ocorram alterações ao previamente planeado.

4.2.4. *Internet of Things Vs Heijunka*

O *Heijunka*, ou produção nivelada, assenta na capacidade de processar pequenas encomendas sem que os tempos de preparação afetem a produtividade.

Composição do sistema:

- i) Sistema informático, constituído por um sistema de encomendas *on-line* onde os clientes fazem as suas encomendas.
- ii) Central informática, onde é recolhida toda a informação colocada pelos clientes.
- iii) Armazém automatizado, as movimentações dos produtos, desde a entrada até à saída é feita automaticamente.
- iv) Sistema de identificação dos produtos, tem como função identificar os produtos e permite a comunicação com a rede informática.

Neste processo com a introdução de um sistema de compras *on-line* e a automatização do armazém é possível eliminar completamente a intervenção humana. Os tempos de preparação entre encomendas, existindo, são reduzidos a um valor residual. A empresa pode desta forma processar as encomendas, que no limite poderão ser de peças unitárias, sem custo adicional de processamento.

Este exemplo agora apresentado e referente a um armazém de distribuição pode também ser utilizado em determinados ambientes produtivos onde é o pedido do cliente a despoletar todo o processo produtivo.

4.2.5. *Internet of Things Vs Kanban*

Na ferramenta *Kanban* temos como exemplo a reposição de matérias-primas em sistema robotizado. Neste caso as máquinas estão equipadas com sensores que lhes permitem enviar informação ao armazém sobre o estado do seu abastecimento. O abastecimento das máquinas é feito então de maneira autónoma sem necessidade de qualquer decisão humana.

Composição do sistema:

- i) Máquina de produção, está ligada ao armazém e instrumentada por forma a comunicar o seu estado de abastecimento.
- ii) Sistema de reposição robotizado, este sistema está ligado à máquina e ao armazém robotizado e faz a movimentação desde o armazém à máquina.
- iii) Armazém robotizado, recebe a informação das diferentes máquinas, recolhe os componentes necessários e otimiza o processo de reabastecimento.

Este processo tem presente a IoT, visto ser um processo feito sem intervenção humana. A reposição da matéria-prima é feita automaticamente e assim a ferramenta *Kanban* está presente no controlo da alimentação das máquinas.

4.2.6. *Internet of Things Vs Poka-Yoke e Jidoka*

Considere-se neste caso um sistema composto por duas máquinas sequenciais numa linha de produção com um sistema de comunicação entre si.

Composição do sistema:

- i) Máquinas um e dois, com sensores, ou seja, com um sistema de comunicação incorporado.
- ii) Central de dados, recebe a informação das máquinas.

Este processo é feito através de duas máquinas que estão interligadas. A primeira máquina recebe o material para processamento. Esta máquina fará um conjunto de operações de transformação, e no final enviará o produto para a máquina seguinte.

Durante este processo as máquinas estão em comunicação entre elas. Os produtos, quando entram na máquina dois, são monitorizados em relação aos parâmetros que se considerem importantes. Sempre que os parâmetros padrão sejam desrespeitados à entrada da máquina dois, será enviada informação e a máquina um reajustará automaticamente os seus parâmetros.

4.2.7. *Internet of Things* Vs SMED e TPM

A Ferramenta SMED e TPM podem ser relacionadas dado uma pretender eliminar desperdícios e a outra apostar na proatividade de manutenção. O exemplo presente neste caso refere-se à substituição de peças de uma máquina na indústria que não esteja dentro dos padrões de funcionamento.

Composição do sistema:

- i) Máquina de produção, encontra-se equipada com sensores que comunicam com a central de dados, por exemplo, sobre o desgaste de peças ou avaria da própria máquina.
- ii) Central de dados, é para onde é enviada toda a informação sobre o que se passa na produção. Simultaneamente reencaminha a informação de modo a restabelecer o normal funcionamento do processo produtivo.
- iii) Armazém robotizado, este armazém receberá informação através de um sistema de internet.
- iv) Robots, são os instrumentos que fazem a mudança das peças em tempo real.

Numa linha de produção, todas as máquinas estão equipadas com um sistema que deteta quando alguma peça precisa de ser substituída de modo a prevenir avarias ou produção de peças defeituosas. Quando a máquina diagnostica anomalias no seu funcionamento, envia informação para a central de dados. Desta forma, a central emitirá informação para o armazém sobre o problema da máquina de modo a que seja, de forma automática, substituída a ferramenta ou peça causadora da anomalia. Todo o processo de manutenção tem de ser feito de forma rápida e eficaz para que o processo produtivo não sofra alterações.

O conceito da IoT ocorre neste processo quando uma máquina do circuito produtivo envia informação para a central de dados sobre a necessidade de uma reparação ou substituição de peças. Como resposta será efetuada, de forma automática, a reparação ou substituição.

Neste sistema a interação entre IoT e *Lean* é facilmente identificável. Este sistema está relacionando diretamente com manutenção preventiva, pois o principal objetivo é manter as máquinas em funcionamento de modo a que não haja paragem no processo produtivo e que a mudança de peças seja feita de uma forma rápida.

4.3. *Internet of Things* promove o desenvolvimento de *PDCA* e *Kaizen*

O desenvolvimento da Internet das coisas nas empresas quer industriais quer de serviços ajuda na implementação da melhoria contínua. Este processo de melhoria requer hábitos de proatividade.

Durante toda a dissertação fala-se constantemente em melhoria contínua, procurando sempre melhor e nunca ficando satisfeito com os resultados obtidos. Estas duas ferramentas, *PDCA* e *KAIZEN* estão presentes em todos os processos que foram acima descritos. A melhoria contínua aposta em três componentes: (Pinto J. P., 2009)

- i) Encorajar os funcionários a cometer erros;
- ii) Incentivar a encontrar os erros cometidos;
- iii) Identificar melhorias.

Este processo, embora à primeira vista pareça contraditório em relação à filosofia Lean, pode ser um dos melhores métodos para conseguir implementar a melhoria contínua numa organização. Os funcionários são encorajados a cometer o erro. Na verdade, os funcionários são incentivados a procurar as melhorias, mas para isso é necessário não ter medo de falhar e, para que não se instale o medo de tentar, as empresas apoiam que cada um deve perceber o motivo do erro de modo a não repeti-lo.

Ninguém melhor do que o próprio responsável para perceber onde estes ocorreram e como corrigi-los. Quando o operador consegue perceber onde errou e descobre a solução do mesmo evita a ocorrência de erros consecutivos.

Por fim, a empresa desafia os trabalhadores a melhorar constantemente, para que procurem fazer sempre melhor de modo a conseguirem superar as expectativas.

Como já tem sido referenciado, o ciclo *PDCA* e *Kaizen* significam melhoria contínua, pelo que estão subjacentes nos exemplos propostos anteriormente. Todos eles têm, de uma maneira ou de outra, explícita a não intervenção humana, mas em todos é claro que o objetivo é a melhoria.

Capítulo 5 - Conclusões

5. Conclusão

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.”
(Benjamin Disraeli)

Conclusão

O *Lean* tem sido, ao longo dos últimos anos, uma das filosofias mais implementadas no setor industrial em todo o mundo, isto deve-se essencialmente aos excelentes resultados que permite alcançar.

Este trabalho tinha como objetivo principal estudar a influência da IoT na aplicação das ferramentas *Lean*. Sendo um estudo exploratório, de caráter teórico, conseguiu-se mostrar que a filosofia *Lean* e a Internet das coisas podem estar interligadas no sector industrial.

Como foi analisado ao longo do documento, o principal objetivo do *Lean Manufacturing* é a otimização dos processos nas empresas. Isto significa que a prioridade desta filosofia é eliminar desperdícios e apostar numa constante melhoria. Através desta filosofia é possível desenvolver a qualidade dos produtos e aumentar a produtividade empresarial.

“*Internet of Things*” é um novo conceito que surgiu para dar nome ao processo em que os objetos comunicam entre si ganhando alguma forma de autonomia. Este novo conceito surgiu há cerca de 16 anos, mas só agora está a ganhar dimensão.

Foi possível verificar que existe alguma discussão quanto ao conceito existindo diferentes interpretações quanto à definição de “*Internet of Things*”. Alguns investigadores consideram que a IoT pode comportar alguma intervenção humana, embora reduzida, outros acabam por associar o conceito à domótica e por fim uma terceira via, defende que a IoT é interação das máquinas entre si sem qualquer intervenção humana. É com base nesta última interpretação que o conceito da “*Internet of Things*” é estudado ao longo desta dissertação.

O estudo da interação entre estes dois conceitos sendo, como referido, exploratório e teórico, assentou num processo de pesquisa em artigos científicos, pois é um tema recente não sendo por isso viável a aplicação de estudos de caso em ambientes industriais. A interação entre a filosofia *Lean* e a Internet das coisas é ainda muito reduzida no sector industrial Português.

Este fato trouxe uma dificuldade acrescida à realização do estudo pois a bibliografia não apresenta ainda trabalhos que relacionem explicitamente estes dois conceitos. Face ao exposto, a elaboração deste trabalho abre horizontes para novas pesquisas nesta área. Seria interessante, após este estudo, passar ao teste da aplicabilidade em ambientes industriais. Acredita-se que a interação destes dois conceitos é extensível com resultados positivos a outros ambientes nomeadamente aos serviços.

No decorrer do trabalho foi explorada a interação entre algumas ferramentas *Lean* e a IoT. Pensa-se que ficou demonstrado que a IoT pode ser uma tecnologia que potenciará a utilização das ferramentas *Lean* em ambiente industrial.

“Os valores sociais mudaram. Agora, não podemos vender nossos produtos a não ser que nos coloquemos dentro dos corações de nossos consumidores, cada um dos quais tem conceitos e gostos diferentes. Hoje, o mundo industrial foi forçado a dominar de verdade o sistema de produção múltiplo, em pequenas quantidades.”

Taiichi Ohno²⁵

²⁵ (Rodrigues, 2013)

Capítulo 6 - Bibliografía

6. Referências Bibliográficas

“ O conhecimento nos faz responsáveis”
(Che Guevara)

Referências Bibliográficas

- Akao, Y. (1991). *Hoshin Kanri: Policy Deployment for Successful TQM*. New York: Productivity Press.
- Alvarez, R. d. (abril de 2001). Takt-Time: Conceitos e contextualização dentro do sistema Toyota de produção. *Gestão da Produção*, pp. 1-18.
- Arash Shahin, M. G. (2010). Service Poka Yoke. *International Journal of Marketing Studies* , 2, 190-201.
- Ashton, K. (agosto de 2011). *Auto-ID Labs*. Obtido de <http://autoidlabs.org/>
- Ashton, K. (2014). Internet of Things Nova Revolução da Conectividade. *Inovação em Pauta*, 4-7.
- Buttner, A. (2012). KAIZEN: Um processo de melhoria contínua nas empresas.
- Chia Jou Lin, F. F. (10 de fevereiro de 2012). Knowledge kanban system for virtual research and development. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, pp. 119-134.
- Dias, J. C. (2013). *Supply Chain Management - A Materialização da Cadeia de Valor*. Lisboa: Edições Colibri.
- Diniz, E. H. (2006). Internet das coisas. *Era Digital*, 59.
- Drucker, P. (1946). *The Concept of the Corporation*. Nova York: John Day Company.
- Emre Berk, A. Ö. (11 de maio de 2009). Quality Control Chart Design Under Jidoka. *Quality Control Chart Design*, pp. 465-477.
- Fleisch, E. (2010). What is the Internet of Things? An Economic Perspective. *Economics, Management, and Financial Markets*, 125-157.
- Friedemann Mattern, C. F. (2009). Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. Zürich, switzerland. Obtido de <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/Internet-der-Dinge.pdf>
- Gil, A. C. (2002). *Como Elaborar Projectos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Grant MacKerrona, M. K. (09 de Maio de 2013). Supplier replenishment policy using e-Kanban: A framework for successful implementation. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, pp. 161-175.
- Hany Seidgar, M. A. (2014). A hybrid particle swarm optimisation for scheduling just-in-time single machine with preemption, machine idle time and unequal release times. *International Journal of Production Research*, 53, 1912-1935.
- Janatyan, A. S. (2010). Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity. *International Business Research* , 105-118.
- José H. Ablanado-Rosasa, B. A. (2010). Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study. *International Journal of Production Research*, 7063-7087.
- Judith Matzka, M. D. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 49-60.
- Kamada, S. (2008). Como Operar um "andon". Lean Institute Brasil.

- Lachlan Crawford, P. S. (1999). Total quality management in education: problems and issues for the classroom teacher. *International Journal of Educational Management*, 67-73.
- Ma, H.-D. (2011). Internet of Things: Objectives and Scientific Challenges. *JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 919-924.
- Maroueli, C. A. (12 de março de 2008). *Gargalos de Produção*. Obtido de Portal Administradores: <http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/gargalos-de-producao/21678/>
- Menezes, E. L. (2001). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED.
- Mourtzis, D. F. (2014). Knowledge-based estimation of manufacturing lead time for complex engineered-to-order products. *Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, pp. 499-504.
- Nakahara, M. M. (janeiro de 2013). The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *The International Journal of Human Resource Management*, pp. 195-207.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: five keys to a total quality environment*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Pais, A. C. (2010). Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6, 129-146.
- Pinto, I. S. (2009). *Sistemas de Gestão da Qualidade*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Porter, M. E. (1989). *A Vantagem Competitiva das nações*. Rio de Janeiro: Campus.
- Rajesh Attri, S. G. (2014). A graph theoretic approach to evaluate the intensity of barriers in the implementation of total productive maintenance (TPM). *International Journal of Production Research*, 52, 3032-3051.
- Rodrigues, M. V. (2013). *Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas De Produção Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro: ELSEVIER - CAMPUS.
- Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science* 3, 163-180. Obtido de <http://ssti1-1112.wikidot.com/a-internet-das-coisas>
- Sá, M. A. (2002). Valorizando a qualidade na educação. *Novos Estudos Jurídicos*, 263-274.
- Santucci, G. (5 de setembro de 2008). *Internet of Things 2020*. Obtido de http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf
- Stephen Woehrle, L. A.-S. (2010). Using Dynamic Value Stream Mapping And Lean Accounting Box Scores To Support Lean Implementation. *American Journal of Business Education*, 67-76.

- Suárez-Barraza, M. F.-P.-R. (2012). Applying Gemba-Kaizen in a multinational food company: a process innovation framework. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 4.1, 27-50.
- Tanya Robertson, D. M. (s.d.). *Chron - Small Business*. Obtido em 20 de Março de 2015, de <http://smallbusiness.chron.com/buffering-manufacturing-31892.html>
- Watson, G. H. (2005). Timeless Wisdom From Crosby. *Quality Progress*, 38, 64-67.
- William Faulkner, F. B. (2012). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8-18.
- Womack J, D. J. (1990). *The Machine that changed the world*. Sydney: Simon & Schuster.
- Womack, D. J. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Sydney: SIMON & SCHUSTER LTD.
- Xiufeng Shao, X. Z. (1 de janeiro de 2015). Bottleneck Analysis to Reduce Surgical Flow Disruptions: Theory and Application. pp. 127-139.
- Yangb, C.-T. S.-M. (4 de fevereiro de 2013). Hoshin Kanri planning process in human. *Total Quality Management & Business*, pp. 140-156.
- Yukichi Mano, J. A. (2014). Teaching KAIZEN to small business owners: An experiment in a metalworking cluster in Nairobi. *Journal of The Japanese and International Economies*, 33, 25-42.

Web grafia

- http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20pensamento%20magro.pdf (Consultado 19/01/2015)
- <http://www.fep.up.pt/docentes/fontes/FCTEGE2008/Publicacoes/D18.pdf> (Consultado 21/01/2015)
- <http://www.fep.up.pt/docentes/fontes/FCTEGE2008/Publicacoes/D17.pdf> (Consultado 21/01/2015)
- <http://www.leanproduction.com/top-25-lean-tools.html> (Consultado 29/01/2015)
- <http://smallbusiness.chron.com/buffering-manufacturing-31892.html> (Consultado 19/01/2015)
- http://www.machadosbrinho.com.br/revista_online/publicacao/resenhas/PainelAcademico02REMS.pdf (Consultado 25/01/2015)
- http://www.internet-of-things-research.eu/about_iot.htm (Consultado 25/01/2015)
- <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/view/34372/33170> (Consultado 29/01/2015)
- <http://search.proquest.com/business/docview/748829740/fulltextPDF/271DBF7F132C4727PQ/2?accountid=26401> (Consultado 29/01/2015)
- <http://www.tiespecialistas.com.br/2014/06/internet-things-seus-objetos-estao-cada-vez-mais-conectados/> (Consultado 17/01/2015)
- <http://www.publico.pt/tecnologia/noticia/empresas-foram-a-las-vegas-vender-a-internet-das-coisas-1681757> (noticia do Jornal Público, 29/01/2015)
- <http://www.finep.gov.br/imprensa/noticia.asp?noticia=kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas> (Consultado 19/02/2015)
- http://www.gta.ufrj.br/grad/12_1/rfid/links/funcionamento.html (consultado em 09/03/2015)
- <http://www.publico.pt/tecnologia/noticia/carro-do-google-nao-tem-volante-acelerador-travoes-e-anda-a-40kmh-1637767> (consultado em 12/05/2015)
- <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html> (Consultado em 13/05/2015)