



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Impacto Tecnológico da Realidade Aumentada na Filosofia Lean Manufacturing

Paulo Jorge Brás Dos Santos Gil

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, outubro de 2014

Dedicatória

À minha filha, à minha querida esposa e aos meus pais.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos, pela sua compreensão, orientação e disponibilidade.

À minha esposa pela força constante que me deu, pela sua compreensão e por acreditar em mim.

Aos meus pais, por acreditarem em mim incondicionalmente.

À minha filha por alegrar os meus dias com o seu sorriso.

Resumo

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão industrial que tem como objetivo identificar e eliminar todos os desperdícios que existam numa empresa.

A realidade aumentada é uma tecnologia nova, ainda em desenvolvimento, tanto em termos de *software* como em termos de *hardware*. Esta tecnologia é constituída por um equipamento de recolha de imagens, um equipamento de processamento de dados e um equipamento de visualização das imagens recolhidas e processadas. É caracterizada por ser uma tecnologia que funde o ambiente real com o ambiente virtual, para que haja uma interação instantânea entre os dois ambientes.

No presente trabalho procura-se demonstrar que a utilização da realidade aumentada pode contribuir para a melhoria de algumas das ferramentas e métodos utilizados na filosofia *Lean Manufacturing*.

Através de vários exemplos e de previsões de aplicação na indústria, tenta-se demonstrar que o impacto tecnológico da realidade aumentada na filosofia *Lean Manufacturing* é uma mais-valia.

Palavras-chave

Lean Manufacturing, realidade aumentada, filosofia *Lean*.

Abstract

Lean manufacturing is a philosophy of industrial management that aims to identify and eliminate all waste that exist in a company.

Augmented reality is a new technology, still in development, both in software and in terms of hardware. This technology consists of an image capture device, a device for data processing and visualization of the collected and processed images. It is characterized by being a technology that merges the real with the virtual environment, so there is an instantaneous interaction between the two environments.

This paper seeks to demonstrate that the use of augmented reality can contribute to the improvement of some of the tools and methods used in Lean Manufacturing philosophy.

Through various exemples and predictions of application in industry, tries to demonstrate that the technological impact of augmented reality in philosophy Lean Manufacturing is an asset.

Keywords

Lean Manufacturing, augmented reality , Lean philosophy.

Índice

Capítulo 1

1. Introdução	2
1.1. Breve Historial	2
1.1.1. Filosofia <i>Lean Manufacturing</i>	2
1.1.2. Realidade aumentada	3
1.2. Objetivos da dissertação	3
1.3. Metodologia da pesquisa	4
1.4. Estrutura da dissertação	4

Capítulo 2

2. Revisão de literatura	6
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.1.1. Caracterização do <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.1.2. Valor e desperdício	6
2.1.3. Tipos de desperdício	6
2.1.4. Princípios de <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.1.5. Métodos e ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i>	9
2.1.5.1. <i>Just-in-time</i>	9
2.1.5.2. 5´s	11
2.1.5.3. <i>Single Minute Exchange of Dies</i> (SMED)	12
2.1.5.4. <i>Kanban</i>	13
2.1.5.5. <i>Poka-yoke</i>	15
2.1.5.6. <i>Standardized Work</i> (SW)	16
2.1.5.7. <i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	16
2.1.5.8. <i>Heijunka</i>	18
2.1.5.9. <i>kaizen</i>	19
2.1.5.10. <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM)	19
2.2. Realidade aumentada	20
2.2.1. Caracterização	20
2.2.2. Ferramentas	20
2.2.2.1. Marcas	21
2.2.3. Posicionamento e orientação	21
2.2.4. Tipos de Marcas Fiduciais	22
2.2.5. Esquema de realidade aumentada	23

Capítulo 3	
3. Realidade aumentada na Filosofia <i>Lean Manufacturing</i>	26
3.1. Utilização da realidade aumentada no método 5´ s	27
3.2. Utilização da realidade aumentada no método SMED	28
3.3. Utilização da realidade aumentada no método <i>Poka-yoke</i>	29
3.4. Utilização da realidade aumentada no método TPM	31
3.5. Utilização da realidade aumentada no método <i>Heijunka</i>	32
3.6. Utilização da realidade aumentada no método <i>Standardized Work</i>	34
3.7. Utilização da realidade aumentada no método <i>Kanban</i>	35
Capítulo 4	
4. Conclusão	37
4.1. Conclusões	37
Referências Bibliográficas	
5 Bibliografia	39

Lista Índice de Figuras

Figura 1 - “ <i>Sword Damocles</i> ” - <i>Head-mounted-display</i> .	3
Figura 2 - Ilustração do rácio de tempo despendido com desperdícios.	7
Figura 3 - Conceito <i>Just-in-time</i> .	11
Figura 4 - Utilização do método dos 5´ s.	12
Figura 5 - Exemplo de fixação funcional.	13
Figura 6 - Linha de produção com utilização da técnica <i>Kanban</i> .	14
Figura 7 - Linha de produção com utilização da técnica <i>Kanban</i> , postos de trabalho distantes.	15
Figura 8 - Método <i>Poka-yoke</i> .	16
Figura 9 - Mapa do estado actual.	17
Figura 10 - Mapa do estado futuro.	17
Figura 11 - Método <i>Heijunka</i> .	18
Figura 12 - Exemplo de uma Marca Fiduciária.	21
Figura 13 - Esquema de realidade aumentada.	23
Figura 14 - Visualização de Lisboa de antigamente através de Realidade Aumentada.	23
Figura 15 - Constituição dos <i>Google glass</i> .	24
Figura 16 - <i>Google glass</i> .	26
Figura 17 - Estudo de um para-choques com auxílio da realidade aumentada.	30
Figura 18 - Estudo de uma peça com auxílio da realidade aumentada.	30
Figura 19 - Realidade aumentada onde se explica que deve-se desapertar 2 parafusos.	32
Figura 20 - Realidade aumentada onde se mostra como remover a conduta de admissão.	32
Figura 21 - Painel de montagem de cabos.	33
Figura 22 - Painel de montagem de cabos.	33

Lista de Acrónimos

JIT	<i>Just-in-time</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
SW	<i>Standardized Work</i>
RV	Realidade Virtual
RA	Realidade Aumentada
5's	<i>Seiketsu, Seiri, Seisō, Seiton, Shitsuke</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HMD	<i>Head-Mounted-Display</i>

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Breve historial

1.1.1. Filosofia *Lean Manufacturing*.

No rescaldo da Segunda Grande Guerra Mundial, a sociedade japonesa encontrava-se numa situação difícil. Havia falta de recursos para a reconstrução industrial. Tendo em mente estes fatos, *Taiichi Ohno* e *Eiji Toyoda* viajaram para os Estados Unidos da América, mais precisamente até à cidade de *Detroit*, para estudarem o processo produtivo da *Ford*, pois era a empresa com as técnicas, dispositivos e métodos mais modernos a nível mundial. No final da viagem de aprendizagem, eles constataram que alguns métodos utilizados pela *Ford* não eram compatíveis com a indústria e o mercado japonês [1].

O sistema de produção da *Ford* estava pensado para a produção em massa, de forma a abastecer grandes mercados, como o dos Estados Unidos da América. O Japão não precisava de um sistema assim, precisava de um sistema que pudesse alimentar um mercado muito pequeno, mas muito diversificado, mantendo sempre preços competitivos, mesmo em alturas de falta de recursos.

Assim *Ohno* e *Toyoda* perceberam que o melhor sistema para a *Toyota* era um sistema que produzisse em pequenos lotes e onde a produção pudesse ser diversificada, sem ter de adquirir novas instalações e novos equipamentos.

Um dos fatores importantes que eles introduziram foi o envolvimento dos colaboradores no sistema de produção. Este envolvimento, mais precisamente, no processo de qualidade, fez com que se pudesse maximizar a utilização dos escassos recursos existentes naquela época.

Ao sistema de produção criado a partir da observação do sistema de produção da *Ford* e da observação do mercado japonês e seus poucos recursos, deu-se o nome de *Toyota Production System* (TPS).

O TPS utilizava uma produção em pequenos lotes e bastante diversificada. Devido a essa produção intercalada (de lotes) de diferentes produtos, foi necessário que os colaboradores estivessem bastante familiarizados com a maquinaria. Deste modo a mudança de um lote para outro lote diferente tornou-se mais rápida.

O TPS nos primeiros anos passou despercebido a nível mundial. Foi na década de setenta do século passado que devido à estagnação da produção em massa, juntamente com a crise petrolífera, este tipo de produção sustentável ganhou terreno e afirmou-se em relação às empresas americanas [1] [2].

Desde aí, o TPS despertou o interesse de muitas empresas que tentaram adaptar o seu sistema de produção de modo a aumentar a sua competitividade face aos seus concorrentes [3]

Deste modo apareceu o *Lean Manufacturing*, a diferença do Lean para o TPS reside no fato de o TPS só poder ser aplicado na indústria automóvel, já o *Lean Manufacturing* pode ser aplicado em todos os setores da indústria.

1.1.2. Realidade aumentada.

As bases teóricas da realidade aumentada foram estabelecidas por Ivan Sutherland, e segundo ele “a derradeira experiência seria uma sala em que o computador pudesse controlar a existência de matéria, de modo a que uma cadeira fosse criada naquela sala e fosse boa o suficiente para que se pudesse sentar nela. Ou que uma bala, também ela criada naquela sala, pudesse ser fatal”. [4]

Em 1968 Ivan Sutherland criou o primeiro hardware de visualização [5] também chamado de *Head-mounted-display (HMD)*. (ver figura 1)

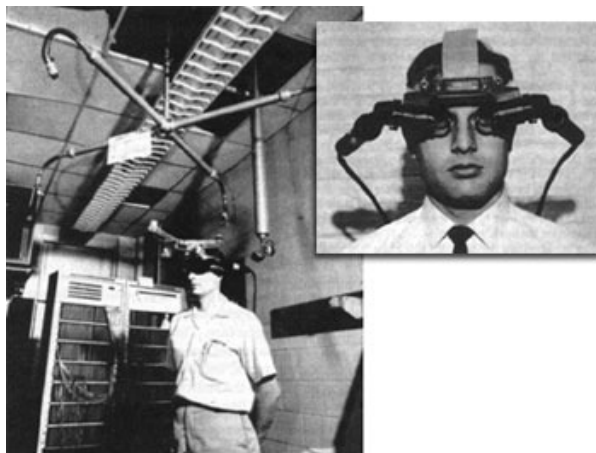


Figura 1 - “*Sword Damocles*” - *Head-mounted-display* Fonte: <http://kunochan.com/?p=33>; acedido em 3 de Setembro de 2014.

Em pleno século XXI é normal ouvir falar de realidade virtual mas, cada vez mais, se ouve falar não só de realidade virtual mas também de realidade aumentada. O que são estas duas realidades? Qual a diferença entre elas?

1.2. Objetivos da dissertação

O objetivo deste trabalho teórico é tentar demonstrar o impacto tecnológico que a realidade aumentada pode ter na Filosofia Lean.

Nos nossos dias, com a globalização, torna-se cada vez mais difícil a uma empresa aumentar as suas receitas [6]. A concorrência é cada vez mais feroz. Para que as empresas possam ter

uma vantagem sobre as suas concorrentes, é necessário que inovem, que procurem arranjar uma ferramenta que lhes dê a tão desejada vantagem. A utilização da realidade aumentada na Filosofia *Lean Manufacturing* pode dar essa vantagem. A filosofia *Lean Manufacturing* procura abolir o desperdício tornando as empresas 100% produtivas. Muitas vezes isso é difícil pois há muitas variáveis a ter em conta. Por esta razão a realidade aumentada terá um grande impacto na Filosofia *Lean Manufacturing*. Através do encurtamento de tempos na manutenção, na mudança de peças ou mesmo no aconselhamento contínuo que poderá ser feito aos colaboradores. Muito já se escreveu sobre a Filosofia *Lean Manufacturing*, no entanto com este trabalho espera-se abrir um novo conjunto de perspetivas.

1.3. Metodologia da pesquisa

Este trabalho utiliza como procedimentos técnicos a pesquisa bibliográfica. É elaborada através de publicações nacionais e internacionais, entre os quais livros, artigos científicos, material diverso disponível na internet.

1.4. Estrutura da dissertação

A estruturação desta dissertação foi feita em quatro capítulos organizados de acordo com o seguimento lógico da pesquisa. Nestes são abordados os seguintes pontos:

Capítulo 1 - O presente capítulo, onde se inclui enquadramento histórico do pensamento *Lean Manufacturing* e da *Realidade aumentada*, objetivos da dissertação de mestrado;

Capítulo 2 - Revisão de literatura. Inclui apresentação dos princípios da Filosofia *Lean Manufacturing* e da *Realidade aumentada*, conceitos, métodos e ferramentas dos mesmos;

Capítulo 3 - Desenvolvimento de exemplos com a utilização da realidade aumentada para os métodos de *Kanban*, *5's*, *heijunka*, *Poka-yoke*, *Standardized Work*, *TPM*, *SMED*.

Capítulo 4 - Avaliação dos objetivos traçados para este trabalho.

Capítulo 2

2. Revisão de literatura

2.1. *Lean Manufacturing*

2.1.1. Caracterização do *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão industrial e tem como objetivo desenvolver mentalidades, competências, processos e sistemas industriais, de modo a encontrar e erradicar qualquer desperdício que possa existir, em qualquer setor de uma empresa. Isso é feito através de uma melhor gestão de recursos humanos, matérias-primas, maquinaria, conhecimentos [7]. Ou seja, procede-se à entrega de valor sob a forma de produto/serviço, com a mínima utilização de recursos possível [8].

O desperdício descrito em cima advém de toda e qualquer atividade que não acrescente valor ao produto final [9]. Para a eliminação destes desperdícios, o *Lean Manufacturing* utiliza uma série de metodologias e ferramentas baseadas na evolução contínua dos seus métodos e filosofia [10].

2.1.2. Valor e desperdício

Valor é a materialização das expectativas do cliente [9]. Quando uma empresa é contactada por um cliente para criar/materializar um determinado produto, ela vai tentar entregar ao cliente o produto conforme o cliente o idealizou a um preço em conta.

Mas no entanto devido aos vários desperdícios existentes no seu sistema de produção, o valor pode ficar um pouco aquém do esperado pelo cliente.

Através da filosofia *Lean Manufacturing* procede-se à eliminação de todo e qualquer desperdício. Entenda-se desperdício como algo que consome tempo e recursos e não contribui em nada para o valor do produto final [9]. Com a eliminação do desperdício espera-se poder entregar o valor esperado pelo cliente a um preço menor, ou mesmo, um valor melhor ao preço acordado.

2.1.3. Tipos de desperdício

Conforme foi dito anteriormente, a filosofia *Lean Manufacturing* tenta eliminar todo e qualquer desperdício. Segundo [11], existem sete tipos de desperdícios associados aos processos produtivos.

i) Superprodução, devido a uma produção excessiva utilizando recursos sem que haja encomendas, vai ser necessário um aumento do local de armazenamento. Esse aumento poderá levar a movimentações desnecessárias, ou seja mais consumo de recursos

desnecessários; ii) Tempo de espera, é o tempo médio que uma peça espera, entre postos de trabalho, de uma linha de produção; iii) Movimentações desnecessárias, são todas as movimentações de matérias-primas, ferramentas ou produto final, que não acrescentam valor ao produto; iv) Sobreprocessamento, acontece quando o operador carece de conhecimentos para completar uma determinada tarefa. Pode também ser causado por uma deficiência no que diz respeito a um processo produtivo, ou pode acontecer quando é feito um reprocessamento; v) *Stocks*, é todo o material excedente que se encontra em armazém, seja ele matéria-prima, produto em transformação, ou produto acabado. vi) Trabalhos desnecessários, são todos os trabalhos feitos por colaboradores que não trazem qualquer valor para o produto final. Podem ser feitos antes, durante ou depois do processamento. vii) Defeitos, são todos os produtos ou serviços que não estão de acordo com as especificações dos clientes. Essa insatisfação pode levar a que a peça seja rearranjada ou, em último caso, seja descartada, por não haver aproveitamento possível.

Podemos não nos dar conta dos desperdícios relatados em cima. Na figura 2, através do conceito do *Lead Time*, podemos ver quanto do tempo, num processo de produção, é gasto em desperdício e quanto é gasto em valor acrescentado para o produto final.

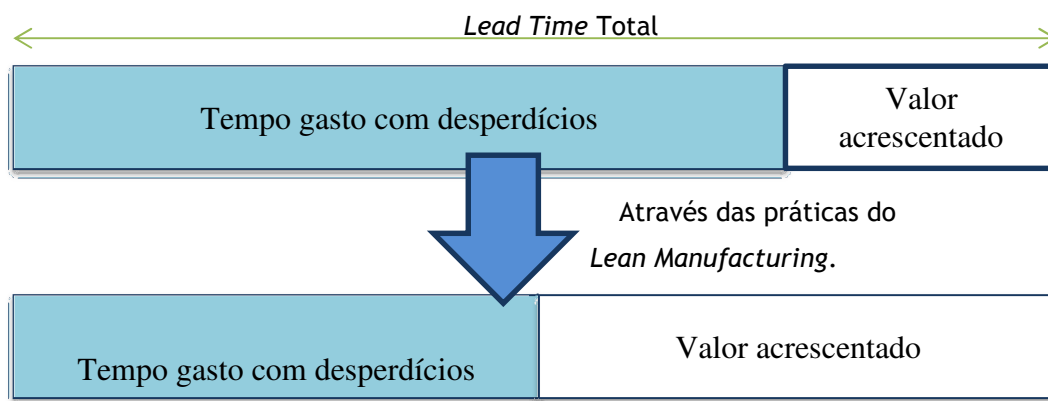


Figura 2 : Ilustração do rácio de tempo despendido com desperdícios e com acréscimo de valor ao produto/serviço - (Bidarra, 2011 - Implementação da Filosofia SMED numa empresa do setor da industria automóvel.)[12]

Mas afinal o que é o *Lead Time*? Para que serve? O *Lead Time* não é mais do que o tempo total, desde a entrada da matéria-prima, até à saída do produto final [13]. Através do *Lead Time* podemos contabilizar o tempo gasto em desperdícios e o tempo gasto em valor com o produto final. Como se pode ver na figura 2, a grande maioria do tempo gasto na produção de um determinado produto é gasto com desperdícios, sejam esses desperdícios por superprodução, tempo de espera, movimentações desnecessárias, sobreprocessamento, *stocks*, trabalho desnecessário ou defeitos. Se nesta empresa for implantada a filosofia *Lean Manufacturing*, o tempo de produção vai ser reduzido, devido à eliminação de desperdícios e ao mesmo tempo haverá uma maior diversificação e flexibilização produtiva.

2.1.4. Princípios *Lean Manufacturing*

Conforme já foi dito atrás, a filosofia *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão industrial e segundo Womack [11] podemos caracteriza-la em cinco princípios.

i) Perceção de valor, deve-se perceber segundo a perspectiva do cliente o valor que este atribui ao produto; ii) Perceber a cadeia de valor de determinado produto, ou seja, perceber como se gere a informação, desde a aceitação da encomenda, até à sua entrega ao cliente. Perceber quais as necessidades que o produto poderá ter desde a sua conceção até à sua produção, perceber também a transformação que irá acontecer desde a matéria-prima até à entrega do produto final, ou seja, perceber toda as etapas de transformação, de modo a entregar ao cliente um produto com o máximo valor; iii) Melhorar o fluxo, obtenção de um fluxo melhorado devido à eliminação de desperdício. Aumento da utilização de atividades de valor acrescentado. iv) Introdução do sistema *pull*, o cliente controla a produção, o que quer, quando o quer e em que quantidades o quer. v) Busca da perfeição, procurar a melhoria contínua através da eliminação do desperdício. Contínua interação entre a empresa e o cliente de forma a inovar constantemente, insatisfação perpétua.

Recentemente foram adicionados mais dois princípios;

vi) *Stackholders*, deve-se conhecer os clientes para quem se produz. vii) Inovação contínua, procurar idealizar e construir novos produtos e/ou serviços, haver uma inovação constante de modo a que se crie valor. Com a adição destes dois novos princípios procura-se melhorar as empresas através de melhores desempenhos [7].

A filosofia *Lean Manufacturing* tem também as seguintes características [8]:

a) Tudo é compreendido através do controlo visual, não descurando nenhum problema. b) Necessidades de compreender como os processos de produção funcionam, de modo a poder melhorá-los. c) Quem ocupa cargos de chefia deve conhecer a filosofia *Lean Manufacturing* e deve sentir-se à vontade para a ensinar aos seus colaboradores. d) Através da padronização de tarefas, deve-se dar mais autoridade e autonomia aos colaboradores. e) Aprender através da reflexão, em busca da melhoria contínua. f) Considerar os fornecedores como membros da empresa no sentido de os desafiar/incentivar ao seu desenvolvimento e melhoria. g) Apostar na formação e na criação de equipas, tendo sempre como base a filosofia *Lean Manufacturing*. h) Primeiro ver o quadro amplo da situação e tomar consciência de todas as opções possíveis, depois, através de consenso, tomar as decisões necessárias e rapidamente implementar essas decisões. i) Através da utilização do sistema *pull* tenta-se evitar a superprodução, ou seja, só se produz o que se precisa. j) Necessidade de criação de um fluxo contínuo para todos os processos, de modo a encontrar desperdícios escondidos. k) Manter a produção numa quantidade média, de modo a que, caso haja uma variação no processo

produtivo, não se criem desperdícios nem sobrecargas. l) Conceção de regras, caso surja um problema, o equipamento pare e se proceda à sua reparação. Deste modo haverá qualidade em todo o processo produtivo. m) Necessidade de conceber um fluxo contínuo em todos os processos. Desta forma podem-se descobrir desperdícios que até então estavam escondidos no processo produtivo. n) Mesmo que no início haja um aumento de custos, é necessário e imperativo que as decisões tomadas sejam a longo prazo. o) Os colaboradores devem utilizar equipamento amplamente testado por eles próprios, devem estar completamente familiarizados com o tipo de equipamento, de modo a tirar o máximo rendimento dele. A produção deve ser um incentivo ao melhoramento tecnológico e não o contrário (melhoramento tecnológico incentivo à produção).

Até agora falou-se sobre o que é a filosofia *Lean Manufacturing*, que fatores levaram à sua criação e a razão da sua utilização a nível mundial. A filosofia *Lean Manufacturing* não é só constituída por métodos e regras, é também constituída por ferramentas que são implantadas em qualquer empresa que queira utilizar o pensamento *Lean Manufacturing*.

2.1.5. Métodos e ferramentas do *Lean Manufacturing*

Entre os muitos métodos e ferramentas que podem ser utilizados, aquando da sua implantação, estão as seguintes:

i) *Just-in-time*, (JIT); ii) *Total Productive Maintenance*, (TPM); iii) *kaizen*; iv) 5´ s; v) *Poka-yoke*; vi) *Standardized Work*, (SW); vii) *Single Minute Exchange of Die*, (SMED); viii) *Value Stream Mapping*, (VSM); ix) *Heijunka*; x) *Kanban*;

Em seguida vamos conhecer cada um deles.

2.1.5.1. *Just-in-time*

Nos nossos dias torna-se cada vez mais difícil uma empresa aumentar as suas receitas. Esta dificuldade deve-se à concorrência que existe numa economia de mercado.

O método *just-in-time*, (JIT) teve a sua origem na necessidade que as empresas têm de reduzir custos de produção. Com este método só se produz aquilo que se vende e só quando for a altura certa, ou seja, o cliente diz quanto quer do produto e quando, deste modo poupam-se recursos. É muito importante que a produção seja organizada, de modo a que a entrega seja feita na data acordada com o cliente [6].

Como já foi dito, nos tempos que correm existe uma forte concorrência entre empresas e o valor de venda de determinado produto não é a empresa que o fixa, mas sim o mercado. Para que o preço seja mais reduzido, mantendo a mesma margem de lucro, é necessário eliminar todos os desperdícios que existam na produção [6].

Para eliminação dos desperdícios pode-se proceder de duas formas [6]:

Melhorar a produtividade, através de investimentos elevados em activos fixos, o que origina a necessidade de injeção de capital. Este investimento vai pesar nas contas da empresa, e o preço final pode não ser, por isso o desejado.

Melhorar a estrutura existente, através da eliminação de custos escondidos. Há a necessidade de haver uma familiarização com os processos de produção e também uma boa dose de imaginação.

O investimento em novas tecnologias nem sempre se traduz em redução de custos de produção, ou mesmo em competitividade. Muitas vezes esses custos produtivos são elevados e devido a atitudes organizacionais atiram a empresa para a “não competitividade” [6].

Essa atitude “não competitiva” por vezes também se traduz em postos de trabalho mal implantados, distantes entre si, sendo necessário percorrer longos trajetos e ao mesmo tempo mais áreas de armazenamento, o que poderá fazer com que haja atravancamento nos percursos e até mesmo desorganização nas empresas. Outra causa da “não competitividade” é a deficiente, ou até inexistente, formação dos colaboradores. Essa falta de formação poderá levar a que os departamentos trabalhem deficientemente. Por outro lado, a formação deficiente de pessoal poderá fazer com que tarefas rápidas (mudança de ferramentas) possam levar mais tempo do que o necessário. Problemas de qualidade e a falta de fiabilidade, por parte dos fornecedores, também podem causar problemas e levar a uma atitude de “não competitividade”.

As causas relatadas em cima poderão levar a que:

i) Os *stocks* sejam elevados; ii) Existam prazos de entrega demasiado longos; iii) Haja falta de motivação entre os colaboradores; iv) Utilização de recursos da empresa de forma deficiente; v) Falha na entrega das encomendas dentro dos prazos estipulados; vi) Haja desperdício, quer seja na forma de matéria-prima, mão-de-obra, tempo, energia, equipamento, etc.

Para finalizar, conforme vemos na figura 3, o Just-in-time é um sistema de produção que nos diz que nada deve ser comprado, transformado ou armazenado, sem que o cliente faça a encomenda. O cliente é que vai dizer o que quer, quando quer e quanto quer. Para além de eliminar todo o tipo de desperdício também é importante fidelizar fornecedores [6]

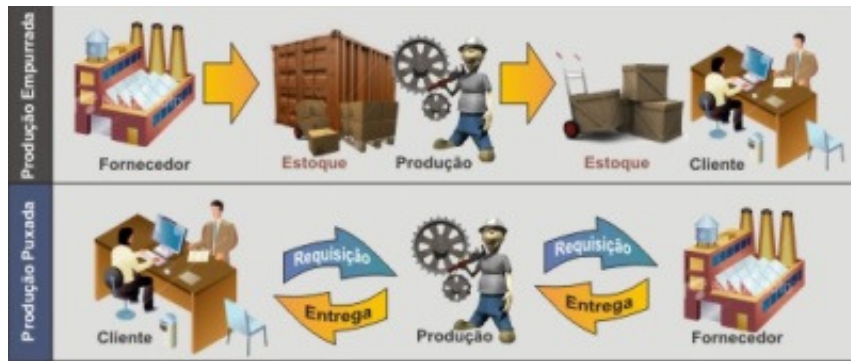


Figura 3 - Conceito *Just-in-time*; Fonte: http://www.industriahoje.com.br/wp-content/uploads/2012/08/just_in_time.jpg; acessado em 10 de Agosto de 2014.

2.1.5.2. 5´s

O método dos 5´s é normalmente a primeira ferramenta a ser utilizada quando se quer implantar a filosofia *Lean Manufacturing*. Este método serve para arrumar, limpar e organizar, de modo a que só esteja no local de trabalho aquilo que é necessário para a produção [14].

Este método é constituído por cinco ferramentas:

- i) *Seiso*; ii) *Seiri*; iii) *Seiton*; iv) *Seiketsu*; v) *Shitsuke*;

O método dos 5´s é utilizado para que haja uma maior eficiência nos postos de trabalho.

A primeira coisa a fazer no local de trabalho é sistematizar a arrumação e a limpeza que se pretende fazer - *Seiketsu*; Em seguida deve-se fazer uma triagem de tudo o que se encontra no posto de trabalho, para que no final somente reste o estritamente necessário. Nessa triagem vão-se separar os objetos em dois grupos: o grupo dos objetos necessários e o grupo dos objetos não necessários - *Seiri*; A limpeza do local de trabalho é feita em seguida, de modo a retirar toda a sujidade - *Seiso*; Organizar os objetos de forma a estes estarem acessíveis quando necessários - *Seiton*; Por último a *Shitsuke* é uma ferramenta de autodisciplina e tem como objetivo a aplicação das decisões tomadas e a melhoria contínua dos 5´s

Através do *Seiketsu*, *Seiri* e do *Seiso* o posto de trabalho vai aumentar a sua funcionalidade, o *Seiton* vai tentar melhorar a sua ergonomia, e o *Shitsuke* procura a melhoria constante e contínua.

Como podemos ver na figura 4 no posto de trabalho só ficam os utensílios estritamente necessários, tudo está arrumado, limpo e pronto a usar.

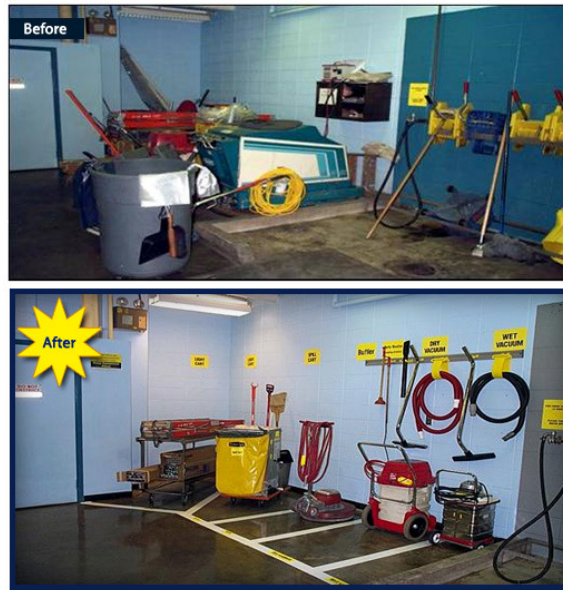


Figura 4 - Utilização do método dos 5´ s. Fonte:

<http://www.marshallinstitute.com/images/blog/beforeafter.jpg>; acedido em 10 de Agosto de 2014

2.1.5.3. SMED

O SMED ou *Single Minute Exchange of Die*, tem como objetivo a redução dos tempos de preparação dos equipamentos. Este método abarca desde a organização do processo de mudança, até à sua automação [15].

Muitos dos objetos produzidos nos nossos dias são constituídos por várias peças e muitas vezes essas peças são produzidas pelas mesmas máquinas. Para a produção de peças diferentes é necessário a utilização de moldes/ferramentas diferentes. Para tal é necessário mudar o molde/ferramenta entre uma série e outra. O SMED vai aumentar a rapidez do *setup* para que a paragem seja menor. *Setup* ou preparação diz respeito ao tempo de mudança de ferramenta,troca do molde, ou aperto numa máquina ou máquinas. Tempo de *setup* é o tempo que decorre entre a produção da última peça de uma série e a primeira peça da série seguinte [16]

Na figura 5 pode-se ver um exemplo numa máquina com uma peça preparada com uma fixação funcional, de modo a que, se for necessário, possa ser mudada rapidamente.

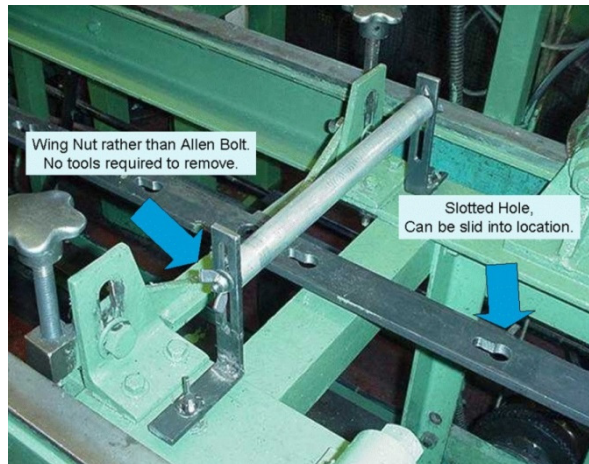


Figura 5 - Exemplo de fixação funcional. Fonte: <http://leanman.hubpages.com/hub/SMED#slide3400716>; acessado em 12 de Agosto de 2014

Na metodologia SMED devem-se calendarizar as afinações necessárias e não mais do que o estritamente necessário. As ferramentas deverão estar sempre posicionadas, no momento de serem utilizadas, através de posições marcadas. Por último, é necessário que toda a preparação esteja sincronizada, para que não sejam feitas deslocações desnecessárias.

Este método é muito importante quando pretendemos ter um sistema *pull*, pois agiliza a produção e adapta-a a variações da procura [17]

2.1.5.4. Kanban

O método *kanban* é um sistema de informação que transmite as necessidades do posto de trabalho a jusante ao posto de trabalho a montante, [17].

Uma empresa tem sempre a tendência de produzir mais do que consegue escoar, como consequência o *stock* de produto final da empresa aumenta. Para contrariar essa tendência foi criado um sistema visual de gestão. Através do controlo de *stocks* e de fluxos, produz-se o produto pretendido, no momento pretendido e com a qualidade acordada com o cliente [6].

No método *kanban*, os postos de trabalho são posicionados a jusante uns dos outros e o fluxo de produção viaja da esquerda para a direita, de posto para posto. Em sentido inverso viaja o fluxo de informação, na forma de etiquetas *kanban*.

Na figura 6 pode-se ver que o posto de trabalho 2 utiliza a produção do posto de trabalho 1, quando o posto de trabalho 2 consome o contentor de peças, envia a etiqueta *kanban* para o posto de trabalho 1. A etiqueta *kanban* é uma ordem de produção para que o posto de trabalho 1 produza mais um contentor de peças. A etiqueta *kanban*, quando chega ao posto

de trabalho 1, é colocada no quadro de planeamento até que o contentor seja produzido. Quando o contentor é produzido a etiqueta *kanban* é colocada no contentor e enviada para o posto de trabalho 2 e só será retirada do contentor quando o mesmo estiver vazio. Nesse momento a etiqueta *kanban* será enviada de volta para o posto de trabalho 1. É um circuito fechado [6].

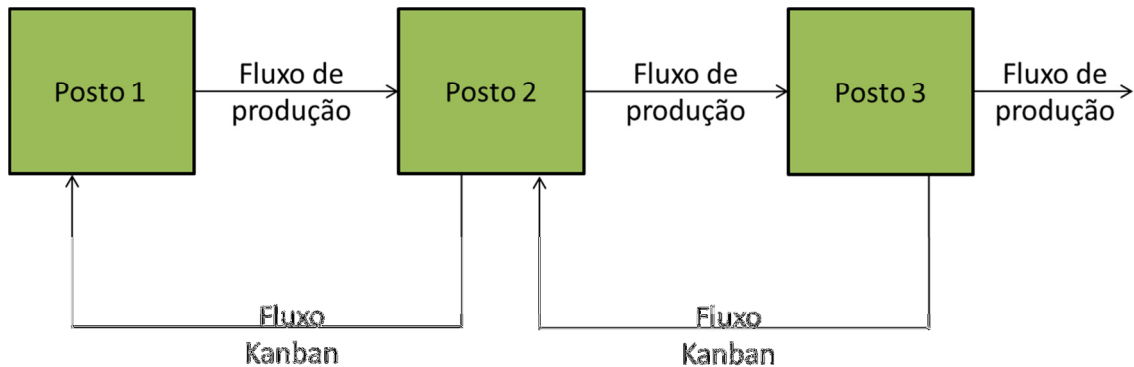


Figura 6 - Esquema de linha de produção com utilização da técnica *Kanban* [6],

As etiquetas *kanban* circulam sempre entre dois postos de trabalho. Por exemplo entre o posto de trabalho 1 e o posto de trabalho 2, ou entre o posto de trabalho 2 e o posto de trabalho 3, ou o posto de trabalho 3 e o posto de trabalho 4 e assim consecutivamente.

Caso o quadro de planeamento do posto de trabalho 1 não tenha nenhuma etiqueta *kanban*, isso significa que o posto de trabalho 2 está plenamente aprovisionado. O posto de trabalho 1 pára até que chegue uma etiqueta *kanban* do posto 2 [6].

Para o método *kanban* funcionar é preciso que os postos de trabalho estejam perto um do outro, deste modo só existirá um sítio de armazenagem entre os dois. Se os dois postos de trabalho estiverem distantes um do outro, será necessário haver dois locais de armazenagem, um no posto de trabalho 1 e outro no posto de trabalho 2. Os contentores terão de ser transportados do posto de trabalho 1 para o posto de trabalho 2, logo quando o posto de trabalho 2 consome os produtos do contentor, retira-se a etiqueta *kanban* de transferência e envia-se para o local de armazenagem do posto de trabalho 2. Lá a etiqueta é afixada no quadro de transferência e em seguida o responsável pela transferência leva a etiqueta *kanban* de transferência, do local de armazenagem do posto de trabalho 2, para o local de armazenagem do posto de trabalho 1. No posto de trabalho 1 a etiqueta *kanban* de transferência é trocada por uma etiqueta *kanban* de produção e colocada no quadro de planeamento do posto de trabalho 1, para que seja produzido o contentor de peças necessárias no posto de trabalho 2 [6], conforme figura 6.

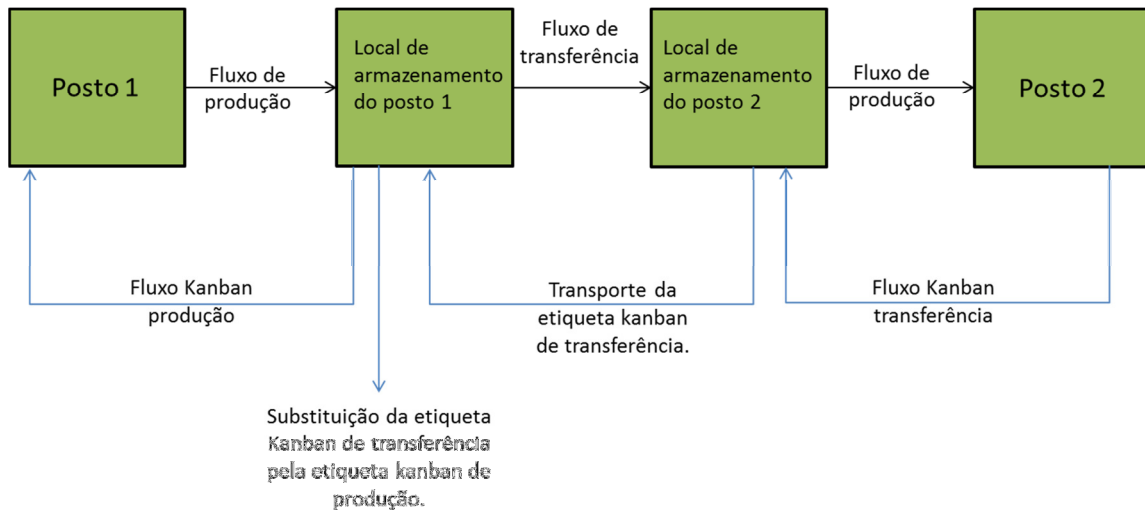


Figura 7 - Esquema de linha de produção com utilização da técnica *Kanban*, com postos de trabalho distantes.

Com o método *kanban* os postos de trabalho têm uma maior comunicação entre si, quer seja relacionada com peças defeituosas, avarias, ou falta de peças. Este método demonstra uma grande coesão entre os vários postos de trabalho, criando peças com mais qualidade, mais fiabilidade, no que diz respeito a prazos de entrega e quantidade.

2.1.5.5. *Poka-yoke*

O método *Poka-yoke* identifica e previne possíveis erros ou defeitos, que possam aparecer durante o processo de produção. Quando é detetado um erro, o processo é interrompido e o erro é reparado, de modo a que o erro não passe para o processo seguinte. [18]

Nos tempos modernos, a qualidade do produto é muito importante, as empresas gastam muito dinheiro para manter os níveis de qualidade, pois pode marcar a diferença entre o produto da empresa e o produto da concorrência. Devido à sua importância, desde o início da produção até ao final, são gastos muitos recursos humanos na procura de defeitos na produção, ou avarias nas máquinas.

Como se falou em cima, é necessário procurar defeitos ou avarias na linha de produção. Para tal, identificaram-se três passos, de modo a prevenir possíveis causas de erro ou defeitos.

i) Antes de mais deve-se identificar o que poderá correr mal; ii) Deve-se elaborar um plano de prevenção de possíveis erros ou avarias; iii) Seleção de ações a serem tomadas quando erros ou avarias são detetados.

Dentro desta ideia de prevenção e detecção de erros temos o *Poka-yoke*, constituído por dois métodos:

- a) O método de controlo; quando encontra um erro ou avaria, dá ordem de paragem à máquina, ou mesmo a toda a linha de produção, para que o problema detetado seja corrigido.
- b) O método de advertência; quando é descoberto um erro ou avaria, as máquinas continuam a trabalhar, ou seja, o que está a gerar o defeito continua a fazê-lo. Este método avisa o operador da máquina e é o operador que vai tomar a decisão sobre o que fazer quanto ao erro.

Exemplo:

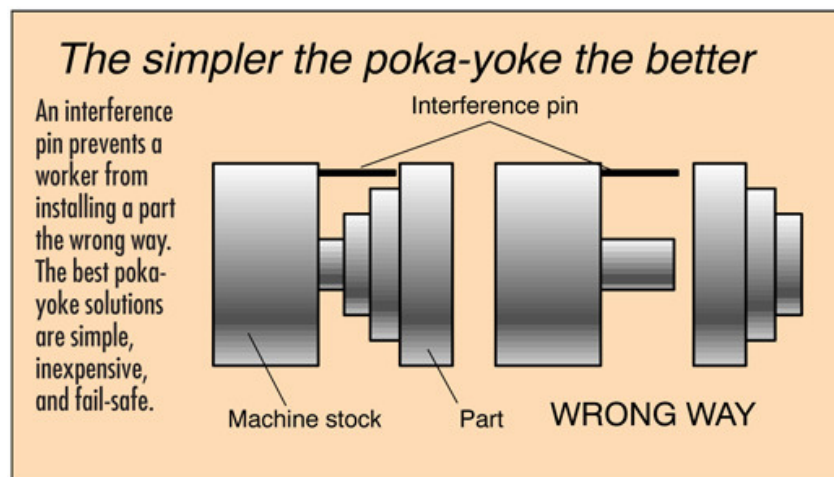


Figura 8 - Método *poka-yoke*. Fonte: http://www.mastercontrol.com/newsletter/medical_device/use-poka-yoke-medical-device-design-manufacturing.html; acedido em 12 de Agosto de 2014.

2.1.5.6. Standardized Work

A produção deve ser padronizada, todos os colaboradores da linha de produção devem executar a mesma operação da mesma forma. Assim reduzem-se os defeitos de produção, variedade de processos produtivos e estabiliza-se a produção [19].

2.1.5.7. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM), mapa do valor acrescentado, mostra todo o percurso de um determinado produto, desde que os clientes fazem a sua encomenda, até à sua entrega. Através deste método consegue-se identificar o desperdício ao longo de todo o processo produtivo [20].

Este método é constituído por três etapas [21]:

i) Mapa do estado actual; Demonstra como a cadeia de valor atua, identifica o desperdício e elimina-o da cadeia de valor (figura 9). ii) Mapa de estado futuro desejado; É a cadeia de valor no futuro, depois de implementadas as melhorias desejadas (figura 10). iii) Plano de implementação; Planeamento de todas as etapas necessárias, de modo a alcançar o estado futuro.

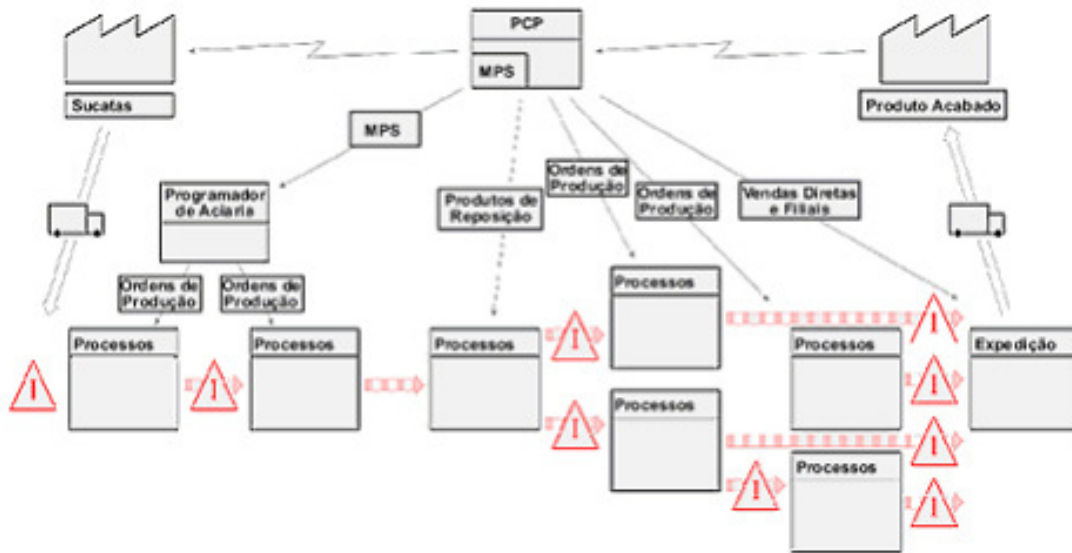


Figura 9 - Mapa do estado actual. <http://www.nortegubisian.com.br/onde-atuamos/gestao-de-operacoes/117-mapeamento-do-fluxo-de-valor-value-stream-mapping-vsm>; acessado em 12 de Agosto de 2014.

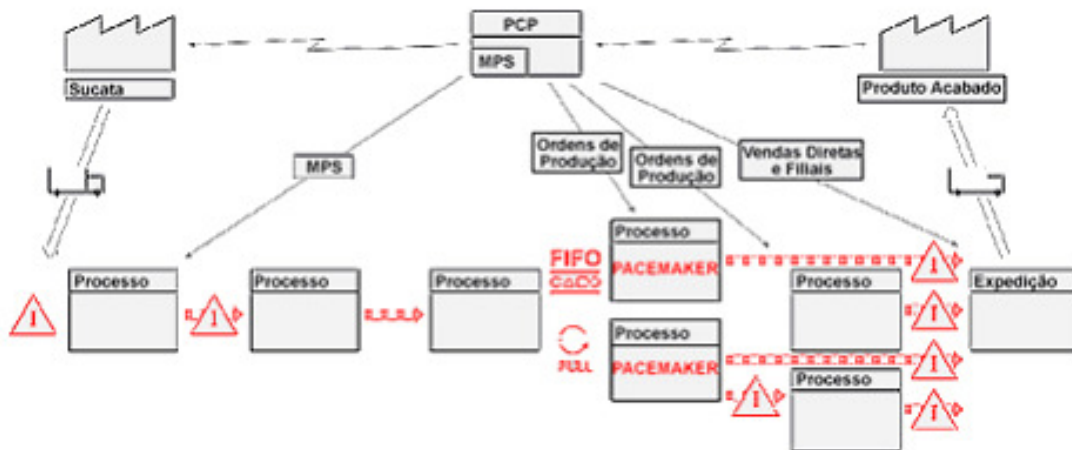


Figura 10 - Mapa do estado futuro. <http://www.nortegubisian.com.br/onde-atuamos/gestao-de-operacoes/117-mapeamento-do-fluxo-de-valor-value-stream-mapping-vsm>; acessado em 12 de Agosto de 2014.

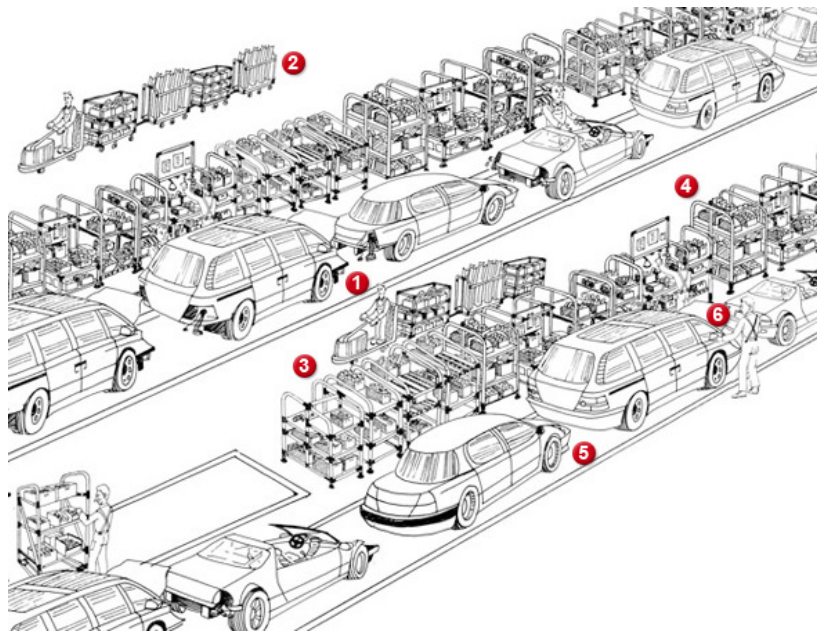
2.1.5.8. Heijunka

O método *Heijunka* caracteriza-se por ser um método de produção que vai alternando a produção de vários produtos. Através da alternância de produção haverá uma produção nivelada, ou seja, o nível de armazenamento de determinado produto será menor. Este método minimiza o risco de superprodução [18].

Podemos caracterizar o *Heijunka* como sendo um método que estabelece qual o volume de produção mais adequado; quais os produtos a produzir e qual a ordem de produção; É estabelecido um tempo de produção para cada produto.

Por muito bom que este método aparente ser, não é um método infalível. Caso as encomendas dos clientes sofram alguma flutuação, é sempre aconselhável que exista um pequeno *stock* de produto final, para fazer face a essa pequena flutuação [8].

Na figura 11 podemos ver uma demonstração do método *Heijunka*.



1. *Heijunka* em linha: ex: 2 monovolumes, 1 coupé, 1 berlina..., 2 monovolumes, 1coupé, 1 berlina...
2. Logística mais leve, pequenos comboios, colocação em fluxo.
3. Pequenas embalagens, menos *stock*.
4. Compressão do bordo de linha, concentração no valor acrescentado, redução dos mudas.
5. Linha flexível multiprodutos, *Heijunka*, melhor utilização dos meios de produção.
6. Operadores a criar valor acrescentado.

Figura 11 - Método *Heijunka*. Fonte <http://www.vision-lean.pt/lean-manufacturing-accao/heijunka>; acedido em 12 de Agosto de 2014.

2.1.5.9. Kaizen

Kaizen significa melhoria contínua do processo produtivo, o objetivo desta ferramenta é melhorar sempre, nunca achar que certo produto, ideia ou método não pode ser melhorado. É uma filosofia que tem como base a eliminação do desperdício, através de soluções de baixo custo, constantemente melhoradas [22].

Na filosofia *Kaizen* existem dez regras que devem ser seguidas [23]:

a) As pessoas devem estar envolvidas, os colaboradores devem fazer parte da solução do problema. b) Todo e qualquer tipo de desperdício deve ser eliminado. c) Deve haver um desenvolvimento contínuo. d) A metodologia deve-se aplicar a qualquer cultura, ou indústria. e) A atenção é virada para o chão da fábrica, é lá que vai ser criado o valor. f) A aprendizagem é feita através da prática e só se aprende praticando. g) É uma filosofia totalmente orientada para os processos. h) A prioridade são os colaboradores. A melhoria, parte deles. i) Deve-se adotar uma gestão visual, assim os desperdícios serão perceptíveis para todos. j) Todo e qualquer aumento de produtividade deve ser obtidos sem grandes investimentos.

2.1.5.10. Total Productive Maintenance (TPM)

O objetivo do *Total Productive Maintenance* (TPM) é, através da prática da manutenção preventiva, reduzir os tempos de paragem não planeados, o que vai aumentar a capacidade produtiva e a qualidade. Ao mesmo tempo, reduz custos de produção, através de um menor custo de manutenção e uma maior vida útil do equipamento.

Para que seja implantado o método de *Total Productive Maintenance* (TPM) numa empresa, é necessário seguir algumas regras [24].

i) Para aumentar a sua utilização operacional é necessário e sempre que possível, proceder a melhorias específicas no equipamento. ii) Controlar o funcionamento dos equipamentos, iii) A segurança no trabalho e a proteção do meio ambiente devem estar sempre presentes nos atos dos colaboradores. iv) Os colaboradores devem ter acesso a formação, quando estão associados aos departamentos de produção e manutenção. v) A manutenção das máquinas deve ser planeada com intervalos de tempo razoáveis. Pode ser uma manutenção geral, em que se faz a manutenção a um grupo de máquinas, ou pode ser uma manutenção autónoma em que se faz uma manutenção isolada. vi) Deve haver preocupação com a qualidade do produto final, é necessário fazer manutenção de qualidade de produtos finais. vii) A administração da empresa deve aceitar e encorajar a manutenção de todo o equipamento.

2.2. Realidade Aumentada

2.2.1. Caracterização

A Realidade Virtual (RV) é a interação entre homem/computador, através da criação de uma plataforma virtual, onde se vai reproduzir virtualmente o mundo real, ou até mesmo um mundo imaginário [25].

A Realidade Aumentada (RA), é a interação entre uma plataforma virtual e o ambiente real, através da utilização de um conjunto de aparelhos constituído por câmaras; computador; ecrã. Este conceito cria uma fusão entre o ambiente real e o ambiente virtual, o que vai levar a uma interação em tempo real. Mas os objetos virtuais são colocados no ambiente real e nunca o contrário e para que haja interação entre os dois ambientes, é necessário que o posicionamento e alinhamento dos objetos virtuais, calculados pelo computador, estejam de acordo com a orientação e posicionamento do ambiente real [26].

A diferença entre estes dois tipos de realidade é que na realidade virtual não existe uma interação entre o mundo real e o mundo virtual. Todo o ambiente é criado virtualmente para o utilizador, são tidos em conta a qualidade e o realismo de todos os elementos virtuais. Na realidade virtual é necessário que haja um *input* de comandos para que haja interação entre o utilizador e o ambiente virtual [25]. Já na realidade aumentada a interação entre os dois ambientes é o principal objetivo, para que se acrescente algo ao ambiente real. Na realidade aumentada é muito importante o posicionamento e alinhamento dos elementos virtuais. Para haver interação entre os dois ambientes é necessário que existam alguns comandos de entrada de dados, para além de imagens, sensores e GPS. Deste modo a realidade aumentada necessita de muita mais informação. Essa informação, depois de captada, será processada e enviada para o periférico de visualização. É necessário que haja rapidez no processamento da informação, pois a interação entre o ambiente real e o virtual é quase instantânea [26].

2.2.2. Ferramentas

De modo a conseguir essa interação entre os dois ambientes são necessários, conforme foi dito em cima: i) câmaras, para captura de imagem do ambiente real; ii) Computador, para processamento de informação e posicionamento em tempo real; iii) Ecrã, visor (HMD), *Tablet*, *Workbench*, *smartphone*), para visionamento da imagem captada pela câmara, depois de processada pelo computador.

O primeiro passo, para que haja um elemento virtual no ambiente real, é através de captura de imagens. Para tal utiliza-se câmaras de vídeo. Esta captura de imagens tem de ser feita no momento da interação de forma que haja isso mesmo, interação entre elementos virtuais com

o ambiente real. Na captura de imagem é feita uma análise ao ambiente, de forma a descobrir uma marca (*fiducial marker*).

2.2.2.1. Marcas

Na realidade aumentada é necessário ter em atenção o posicionamento e o alinhamento do elemento virtual, isto é, através de marcas utilizadas no ambiente real. A marca [27] tem uma forma quadrada, o seu fundo é branco com o rebordo preto e no seu interior tem um símbolo, como podemos ver na figura 12.



Figura 12 - Exemplo de uma Marca Fiduciária. Fonte: <http://blogdoiphone.com/2011/02/panasonic-tambem-investe-na-realidade-aumentada-do-iphone-para-promover-sua-tv-3d/>; acedido em 7 de Setembro de 2014

Este tipo de marca tem o nome de *fiducial marker* [28] e não precisa de fonte de energia para funcionar. A utilização de marcas no nosso dia-a-dia já é muito comum. O código de barras é provavelmente a marca mais conhecida. Com ele simplificamos várias tarefas, por exemplo no armazenamento e transporte de mercadorias, nos estabelecimentos de venda, entre outras situações. Mas este tipo de conceito apenas serve para identificar o marcador, desprezando o seu posicionamento e orientação. Já o *fiducial marker* é o tipo de marca que contem toda esta informação (identificação, posicionamento e orientação).

2.2.3. Posicionamento e orientação

A informação sobre a orientação e o posicionamento do objeto virtual é dada através das coordenadas (x,y,z) da marca. Mais precisamente, o deslocamento no plano xy é dado pela imagem captada pela câmara, tendo como base a posição da marca na imagem. O deslocamento em profundidade é dado pela coordenada z. Esse deslocamento é obtido através do cálculo da distancia entre a marca e a lente da câmara [29].

A orientação do elemento virtual é obtida através de uma matriz transformada (4x4) [29].

Mas a marca não serve somente como ponto de referência de um elemento virtual, mas também como uma ponte entre o utilizador e o ambiente virtual. Quando o utilizador

movimenta a marca, o ponto de referência do elemento virtual é movido, o que vai levar a que sejam necessários novos cálculos de coordenadas no ambiente virtual [29] [30].

Para que qualquer marca seja reconhecida quando a imagem é analisada é necessário que um *template* dessa marca esteja armazenado no sistema de análise. Assim, quando uma imagem é analisada e é detetada uma marca, é feita uma comparação entre os vários *templates* armazenados na base de dados e essa marca. Caso haja uma correspondência, o sistema reproduz através do dispositivo de visualização o elemento visual correspondente a essa marca. No entanto, para que a correta captura e comparação da marca seja feita, é necessário que existam várias condições [29]:

i) A marca deve estar bem iluminada; ii) Toda a superfície da marca deve estar visível; iii) A captura da marca deve ser feita à distância a que se pretende usar a marca (deslocamento de profundidade, coordenada z) conforme falado anteriormente.

2.2.4. Tipos de marcas Fiduciais

Como já foi dito, para que haja uma interação entre o ambiente virtual e o ambiente real é necessária a existência de marcas. A imagem captada vai ser analisada e caso alguma marca seja encontrada vai ser comparada com os *templates* existentes na base de dados. Caso haja alguma correspondência, o elemento virtual a que corresponde essa marca será introduzido na imagem captada e essa imagem é então vista através do dispositivo de visualização previamente determinado. Não nos podemos esquecer que esta interação é feita instantaneamente.

Existem vários tipos de marcas. i) *VScode*; novo tipo de código de barras 2D, é uma matriz binária com capacidade máxima de 4151 *bytes*; ii) *QRcode* [31], *Quick response code*, é uma matriz bidimensional. Este tipo de marca permite fazer uma rápida deteção e orientação da marca e tem uma capacidade máxima de 2953 *bytes*; iii) *Datamatrix* [32], difere da *VScode* somente na capacidade. Tem uma capacidade máxima de 1556 *bytes*; iv) BCH ID [33], esta marca é usada pela ferramenta *ARToolkit* no desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada. Também é uma marca muito semelhante à *Datamatrix* e à *VScode*. v) *Template*, é um tipo de marca utilizado por ferramentas de desenvolvimento. É constituída por um rebordo preto e uma imagem geométrica no seu interior. A imagem geométrica limita esta marca, pois não é tão estruturada como as outras marcas; vi) *Frame*, é uma marca híbrida, o seu interior contém uma imagem ou ilustração totalmente independente da identificação da marca. Essa identificação é feita pelo rebordo, através do contraste entre os pontos pretos e brancos; vii) *Split*, usam o mesmo princípio das marcas *Frame*, têm somente duas margens, deixando as outras duas livres para manuseamento, diminuindo assim a possibilidade de obstrução visual; viii) *Dots* [34], esta marca é pouco utilizada em detrimento da *Frame* e da *Split*. A sua estrutura identificadora é implementada através de círculos colocados em forma

de grelha sob uma superfície. A colocação dos pontos sob a superfície vai ocultar parcialmente a imagem, o que torna este tipo de marca menos apetecível para utilização.

2.2.5. Esquema de realidade aumentada

Depois de captada e processada, a imagem resultante é mostrada através de um dispositivo de visualização, como podemos ver na figura 13. Estes dispositivos podem ser ecrãs, visores (*Head Mountes Devices*), *Tablets*, *Workbenchs*, *smartphones*) [35].

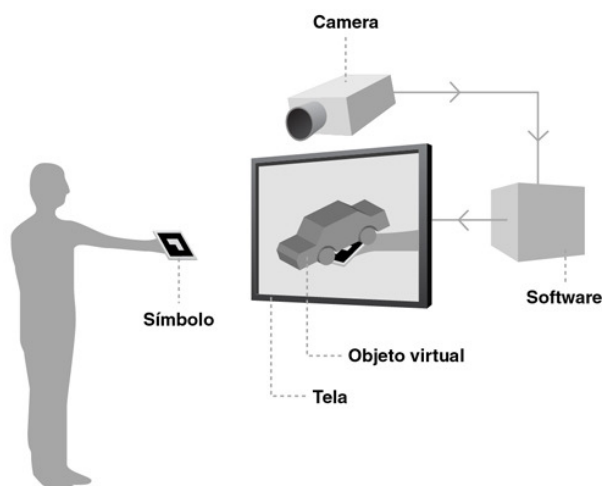


Figura 13. Esquema de realidade aumentada.

Fonte: <http://contrapontoonline.files.wordpress.com/2009/11/foto-2.jpg>; acessado em 7 de Setembro de 2014

Cada vez mais se tenta minimizar o tamanho destes dispositivos. A utilização de *smartphones* ou *tablets*, com ligação *wi-fi* ou *bluetooth*, cria um novo campo de utilização da realidade aumentada [36]. Qualquer pessoa com um destes dispositivos pode, através de aplicações móveis específicas, utilizar a realidade aumentada, como por exemplo na figura 14, uma aplicação móvel para visitar lisboa antiga.



Figura 14 - Visualização de Lisboa de antigamente através de Realidade Aumentada. Fonte - <http://www.bit.pt/rewind-cities-lisbon-disponivel-na-appstore/>; acessado em 7 de Setembro de 2014

No futuro muito próximo estes dispositivos tendem a ser substituídos por outro tipo de dispositivo, muito parecido com óculos mas com uma câmara, um ecrã de visualização e uma unidade de processamento embutido na haste. Podemos ver na figura 15 os *Google Glass*. [37], [38]

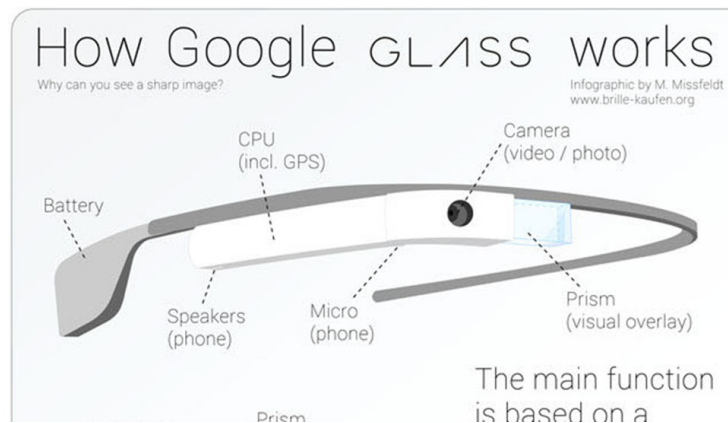


Figura 15 - Constituição dos *Google glass*. Fonte - <http://www.glassappsource.com/google-glass-features/google-glass-work.html>; acedido em 7 de Setembro de 2014

Capítulo 3

3. Realidade aumentada na filosofia *Lean Manufacturing*

No capítulo anterior foi explicada a Filosofia *Lean Manufacturing*, quais os seus métodos e ferramentas. Também foi referido o que é a Realidade Aumentada quais os seus métodos, ferramentas e equipamentos necessários.

Neste capítulo vai-se tentar associar a cada método da Filosofia *Lean*, a realidade aumentada, com o intuito de que se perceba a forma como a realidade aumentada poderá melhorar a filosofia *Lean Manufacturing*.

Para que se faça essa associação, é necessário que se estabeleça que tipo de equipamento de realidade aumentada se irá utilizar.

A escolha de um tipo de equipamento, em detrimento de outro qualquer, é feita para que a sua utilização não condicione os movimentos, nem a ação do utilizador (necessidade de ter as mãos libertas).

Assim, não interferindo na laboração normal da empresa, uma boa escolha de equipamento seria os óculos de realidade aumentada. Ainda é um equipamento em fase de desenvolvimento, mas há fortes probabilidades de num futuro próximo este equipamento ser tão imprescindível como o telemóvel para a maioria de nós.

Conforme foi dito no capítulo anterior os óculos de realidade aumentada (1) são equipados com câmara de vídeo (2), unidade de processamento de dados (3) e unidade de visualização (4), o seu acionamento é feito através de comandos de voz.

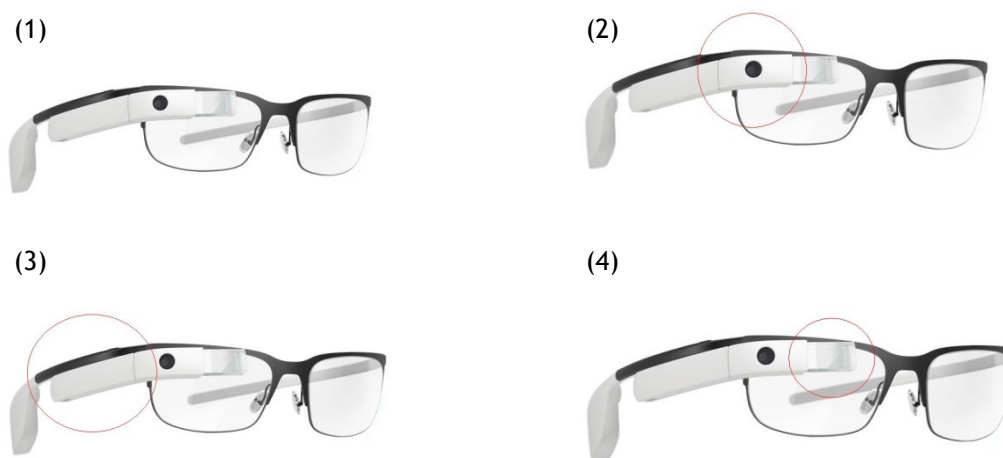


Figura 16 - *Google Glass*; Imagens adaptadas, fonte:

<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2416488,00.asp>; acedido em 18 de Setembro de 2014

Como já foi falado atrás a Filosofia *Lean Manufacturing* é constituída por vários métodos e ferramentas. De seguida vai-se enumerar cada um deles e tentar exemplificar como se poderia utilizar a realidade aumentada para melhorar esses métodos e ferramentas.

3.1. Utilização da realidade aumentada no método 5's

O método dos 5's é um método utilizado para organizar, arrumar e limpar o local de trabalho de modo a que só esteja no local o equipamento necessário para laboração.

Juntamente com este método é também possível usar a realidade aumentada, para que através desta o utilizador olhe para o seu local de trabalho e através de uma ativação (marca fiducial, mais precisamente, *QRcode*) lhe seja mostrado como sistematizar, arrumar e limpar o seu local de trabalho e perceba o que é necessário para a atividade de laboração e o que é supérfluo, o que se deve manter e o que se deve retirar.

Como foi referido anteriormente o *QRcode* é uma marca que permite não só uma rápida deteção como também permite que o elemento virtual tenha a orientação desejada.

Para melhor visualização mental da união entre o método dos 5's e a realidade aumentada procede-se em seguida a uma pequena exemplificação.

Podemos imaginar um utilizador que trabalha num armazém. O utilizador coloca os óculos de realidade aumentada, olha em volta e vê uma marca fiduciária. Ao ver a marca o utilizador ativa a realidade aumentada. E assim o utilizador vai ver através dos óculos o ambiente real acrescentado com o elemento virtual. Este elemento virtual explica a necessidade de ter um local de trabalho limpo e arrumado, de modo a aumentar a funcionalidade do referido local, ou seja o utilizador vai ser instruído sobre o método dos 5's. Este método que já foi falado atrás é constituído pelas ferramentas: i) *Seiketsu*; ii) *Seiri*; iii) *Seiso*; iv) *Seiton*; v) *Shitsuke*.

Em seguida é mostrado através da realidade aumentada como o utilizador pode implementar este método.

O primeiro passo é sistematizar a arrumação e limpeza do local de trabalho. O que arrumar em primeiro lugar, em segundo lugar e por aí adiante. Neste primeiro passo o utilizador vai aprender a utilizar a ferramenta do *Seiketsu*.

No segundo passo é feita uma triagem. O utilizador percebe quais os objetos que podem estar ou não no local de trabalho. No segundo passo o utilizador vai aprender a utilizar a ferramenta *Seiri*.

No terceiro passo o utilizador é instruído para que faça a limpeza do local de trabalho de modo a que seja retirada toda a sujidade. Neste passo o utilizador aprende a utilização da ferramenta *Seiso*.

No quarto passo o utilizador é instruído sobre como organizar os objetos no local de trabalho, de forma a estarem sempre acessíveis, Este passo tem o nome de *Seiton*.

Por ultimo no quinto passo, também chamado de *shitsuke*, a aplicação de realidade aumentada faz um apanhado das últimas quatro ferramentas. Este resumo é feito para que o utilizador perceba o porquê da utilização de cada uma das ferramentas e de como se poderá melhorar cada uma delas.

3.2. Utilização da realidade aumentada no método SMED.

Conforme foi explicado no capítulo anterior o método SMED (*Single Minute Exchange of Die*) tem como objetivo a diminuição do tempo necessário para mudar o *setup*. O *setup* é o intervalo de tempo utilizado na mudança de moldes ou ferramentas de uma máquina. Uma máquina pode produzir várias partes diferentes de um mesmo objeto. Para que isso aconteça, é necessário sempre que se acaba uma série (produção de um conjunto de peças iguais) mudar os moldes ou se for o caso as ferramentas da máquina. Deste modo na série seguinte já será produzida uma peça diferente. Através deste método, tenta-se que as paragens entre séries sejam o mais breves possíveis, de modo a reduzir ao máximo o tempo sem que se crie valor.

Para uma melhor perceção da utilização da realidade aumentada com o método SMED, vai-se proceder a uma exemplificação.

Numa linha de montagem um operário manuseia uma determinada máquina. Neste momento, a produção da empresa é um único tipo de produto e a máquina em questão produz quatro peças diferentes para esse produto.

Para que se possa produzir os quatro tipos de peças é necessário pré-determinar a quantidade de peças que cada lote deve produzir. Depois de pré-determinar a quantidade é necessário determinar a ordem de produção. Primeiro produz-se um lote de peças "A", seguido de dois lotes de peças "B", depois um lote de peças "C" e três lotes de peças "D", etc.

Como foi dito, a produção de peças do lote "A" pára quando se atinge o número previamente determinado de peças produzidas. Quando esse número é atingido o utilizador, através de um comando verbal, ativa os óculos de realidade virtual. No *display* dos óculos será mostrado o ambiente real e a este será acrescentado o ambiente virtual. Ou seja, o utilizador vai estar a olhar para a máquina e pelo *display* vai ver a máquina e vai ver também a exemplificação de como se deve mudar o molde ou ferramenta, para que se possa produzir a peça "B". Por outras palavras, o utilizador vai ver em tempo real uma exemplificação de como deve desapertar determinado parafuso, em seguida e através de novo comando verbal, ele vai ver como deslizar determinada peça até que ela se desprenda da máquina. Com um novo comando verbal vai saber qual a nova peça que deve fixar na máquina, deslizando-a

suavemente até prender, conforme visualizou através da realidade aumentada. Em seguida depois de mais um comando verbal, vai perceber qual o parafuso que se deve apertar, de modo a que a peça fique fixa e em segurança.

Deste modo o utilizador vai proceder à operação de preparação, dentro de um espaço de tempo também ele pré-determinado. Com este conceito tenta-se não só que não ocorram erros na preparação dos equipamentos, como se evitam também excessos de tempo de preparação, contribuindo assim para a criação de valor.

3.3. Utilização da realidade aumentada com o método de *Poka-yoke*.

Conforme foi dito no capítulo anterior, o *Poka-yoke* é utilizado para prevenir possíveis erros ou defeitos que possam surgir durante o processo de produção. O *Poka Yoke* pode ser constituído por dois métodos, o método de controlo e o método de advertência.

No último caso, método da advertência, não se toma nenhuma ação contra o defeito, simplesmente deteta o erro ou defeito e avisa o operador dessa ocorrência e em seguida o operador toma a providência que achar mais correta.

O método de controlo é um pouco diferente. Quando este método deteta um erro ou avaria, origina imediatamente a paragem da máquina, ou se for o caso, a própria linha de produção e só será reativada quando a máquina em questão for reparada.

Para melhor compreensão de como se poderá utilizar a realidade aumentada para melhorar o *Poka-yoke*, será feita uma exemplificação.

Numa determinada empresa que fabrica peças de automóvel, mais precisamente no departamento de controlo de qualidade, é feito o controlo de qualidade das peças produzidas, de modo a manter os padrões elevados de qualidade que o mercado exige, pois essa mesma qualidade muitas vezes é o que marca a diferença em relação às suas concorrentes. Para aumentar ainda mais a qualidade de rastreio de defeitos o utilizador será munido de óculos de realidade aumentada. Esta, como também já foi falado, funciona através de da leitura de marcas fiduciais, mais precisamente *QRcode*'s.

Quando o utilizador inspeciona uma determinada peça, ao lado da peça está um *QRcode*. Este *QRcode* quando visto através dos óculos de realidade virtual mostra uma peça igual à anterior mas virtual. O teste de qualidade que o utilizador faz à peça do ambiente real é muito simples. A peça virtual é sobreposta sobre a peça real, as duas estão e isso é muito importante, perfeitamente orientadas. A peça virtual é constituída por uma malha e é semitransparente, como se pode ver na figura 17 e 18. Quando as duas peças são sobrepostas, o utilizador estuda as duas peças de forma a ver se há alguma disparidade entre elas. Ele estuda os contornos de forma a perceber se são coincidentes.

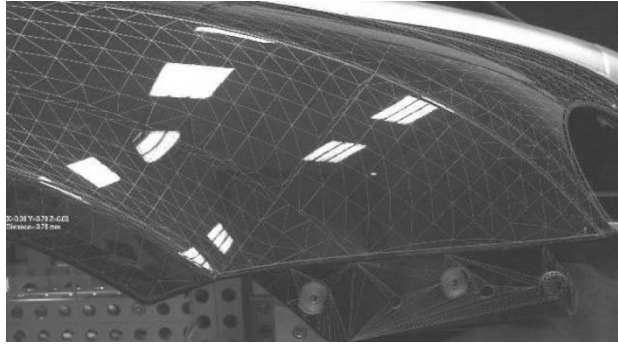


Figura 17 - Estudo de um para-choques com auxílio da realidade aumentada. Combinação da imagem real com a malha renderizada peça virtual. [39]

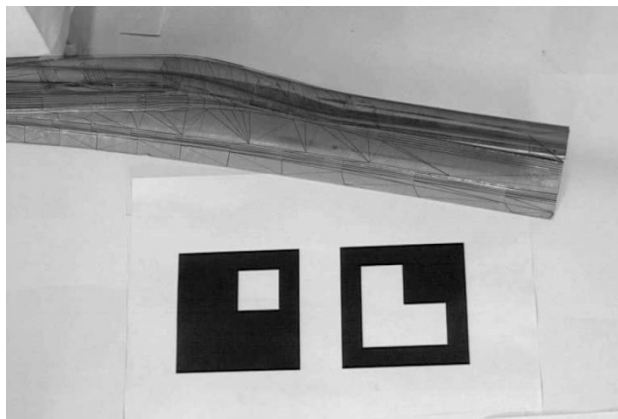


Figura 18 - Estudo de uma peça com auxílio da realidade aumentada. Combinação da imagem real com a malha renderizada peça virtual. [39]

Se se confirmar que as peças são iguais, então a peça real está de acordo com as especificações de fabrico, se se confirmar alguma disparidade, então isso significa que a peça é defeituosa. Nesse momento o utilizador terá de perceber se o erro/defeito da peça se deve a uma avaria impossível de reparar. Se for esse o caso, então utiliza o método de *Poka-yoke* de advertência. Caso o utilizador perceba que se trata de um erro/defeito que pode ser corrigido, então utiliza o método de *poka-yoke* de controlo. Pode-se dizer que a realidade aumentada poderá ajudar na deteção mais célere de erros.

Este exemplo pode ser melhor compreendido através da leitura do artigo [39]. No entanto, no referido artigo não é aconselhado o uso de óculos de realidade aumentada, pois neste tipo de realidade é necessário a renderização de imagens de alta qualidade, o que por enquanto ainda não se consegue obter com os óculos de realidade aumentada.

3.4. Utilização da realidade aumentada no método de *Total Productive Maintenance* (TPM).

Através da utilização da manutenção preventiva, tenta-se reduzir o tempo de paragens não planeado. Com esta redução temporal, aumenta-se a capacidade de produção e criação de valor, ao mesmo tempo que se reduzem os custos com a manutenção.

De seguida, vamos perceber como a utilização da realidade aumentada vai contribuir para melhorar o método de *Total Productive Maintenance* (TPM).

Como foi falado atrás, o TPM caracteriza-se pela utilização de uma manutenção preventiva.

Imaginemos agora um exemplo de melhoria deste método.

Uma equipa de manutenção tem como objetivo fazer a manutenção de um grupo de máquinas, de uma determinada linha de montagem.

Cada um dos elementos da equipa está equipado com óculos de realidade aumentada e cada máquina tem por baixo dos seus painéis moveis, uma marca *QRcode*. Essa marca ativa um pequeno manual virtual específico. Neste caso, é um manual sobre manutenção da máquina, onde está afixada a marca.

O utilizador ativa os óculos de realidade virtual, através de um comando de voz. Ao detetar o *QRcode*, o manual virtual com todas as especificações da máquina aparece no *display* dos óculos. Como podemos ler em [40], “a Realidade aumentada é uma maneira de trazer a informação certa, para o sítio certo, no tempo certo”.

No *display* aparecem vários menus e o utilizador escolhe o menu desejado, através de um comando de voz. Ao selecionar o menu desejado, é iniciado um filme em que se juntam as imagens do ambiente real com as imagens do ambiente virtual. Deste modo, o utilizador está a visionar um filme de realidade aumentada, no qual é explicado passo a passo o procedimento para realizar a manutenção desejada (previamente selecionada).

Para uma melhor compreensão desta matéria, na figura 19 e 20 podem-se ver algumas imagens de um filme feito pela BMW, sobre manutenção de motores BMW, com auxílio da realidade aumentada.



Figura 19 - Imagem de realidade aumentada onde se explica que deve-se desapertar 2 parafusos. Imagem editada. Fonte <https://www.youtube.com/watch?v=xrWwSXgF4Lc>, acessido em 19 de setembro de 2014



Figura 20 - Imagem de realidade aumentada onde se mostra como remover a conduta de admissão. Imagem editada. Fonte <https://www.youtube.com/watch?v=xrWwSXgF4Lc>; acessido em 19 de setembro de 2014

A realidade aumentada vai melhorar o método TPM, no sentido em que os técnicos, não só poderão consultar as especificações das máquinas no próprio momento [40], como poderão contactar outros técnicos via *wi-fi*, para tirar dúvidas ou pedir segundas opiniões. Todas estas ações são ferramentas muito valiosas. Vão poupar tempo de manutenção, ajudar os utilizadores de modo a não permitir que haja erros de manutenção, logo vão contribuir para a criação de valor.

3.5. Utilização da realidade aumentada no método *Heijunka*.

O *Heijunka* é um método de produção que vai alternando a produção entre vários produtos. Por exemplo 2 lotes do produto A, seguidos de 1 lote do produto B e 3 lotes do produto C.

Nas empresas de cablagem, os cabos são produzidos sobre longos painéis, com os esquemas das ligações que devem ser feitas, desenhados na sua superfície, como se pode ver na figura 21. Caso se queira implementar o método *Heijunka*, torna-se necessário mudar os painéis, à medida que se for alternando de produto, sendo para isso necessário que se pare a produção. Este tipo de paragem acarreta custos para a empresa, logo este método não é muito apropriado para este tipo de produção.



Figura 21 - Painel de montagem de cabos. Fonte -

<https://guerraarmas.wordpress.com/2012/05/04/engenharia-da-helibras-realiza-desenvolvimento-brasileiro-para-o-ec725/>; acedido em 12 de Setembro de 2014

Com a ajuda da realidade aumentada, a utilização deste método neste tipo de empresas, já seria mais aconselhada.

Com a utilização da realidade aumentada poderíamos limpar os painéis, ou seja, já não seria necessário ter as ligações desenhadas na sua superfície, teríamos somente painéis brancos, como se pode ver na figura 22.



Figura 22 - Painel de montagem de cabos. Fonte -

<https://guerraarmas.wordpress.com/2012/05/04/engenharia-da-helibras-realiza-desenvolvimento-brasileiro-para-o-ec725/>; Foto editada, acedido em 12 de Setembro de 2014

O modo de produção seria o mesmo, a grande diferença estaria em que os colaboradores passariam a utilizar óculos de realidade aumentada.

Também os painéis teriam de ter um pequeno visor e é nesse visor que será mostrado o *QRcode*.

Assim o utilizador ativa os óculos de realidade aumentada, através de um comando de voz. Quando o utilizador visualiza a marca *QRcode*, a função de realidade aumentada é ativada e o colaborador vê sobre o painel as ligações para a montagem de determinado cabo.

Como já foi dito, o método *Heijunka* alterna a sua produção entre vários produtos. Neste caso, alterna a produção entre vários tipos de cabos. Como os *QRcodes*, são visualizados no monitor, que se encontra no painel de montagem, basta mudar o *QRcode* e em seguida as ligações sobre o painel (visualizadas através dos óculos de realidade aumentada) também mudam. O utilizador começa a produzir um novo cabo, com características diferentes do cabo anterior. Deste modo pode-se alternar os produtos produzidos, sem que haja perda de tempo de produção com a mudança de painéis, pois utiliza-se somente um painel, independentemente do tipo de produto.

3.6. Utilização da realidade aumentada com o método de *Standardized Work (SW)*.

Conforme já foi falado o SW não é mais do que a padronização do processo produtivo. Para a implementação deste tipo de método são necessários quatro passos. Antes de mais é necessário identificar a melhor prática, de forma a obter os melhores resultados de qualidade de uma forma consistente. Depois de identificar a melhor prática, deve-se documentar, tanto em termos escritos como em termos visuais, todas as atividades que constituem essa prática. Em seguida deve-se colocar a documentação reunida em todas as estações de trabalho onde este processo se vai realizar. Por último, deve-se treinar todos os colaboradores para realizarem as tarefas que lhes são atribuídas, de acordo com a documentação reunida.

Neste caso vai-se tentar utilizar a realidade aumentada em substituição do manual do colaborador.

Numa empresa industrial foi elaborado um conjunto de normas de produção. Essas normas de produção foram distribuídas pelos colaboradores da linha de produção através de realidade aumentada. Em cada estação de trabalho foi colocada uma marca *QRcode*. Os óculos de realidade aumentada ao serem ativados leem a marca de *QRcode* e dão início à visualização por parte do colaborador, de um tutorial de montagem do produto que estão a produzir.

Nesse tutorial está toda a documentação reunida anteriormente sobre as políticas de melhor prática a ser utilizada na linha de montagem da empresa.

Assim o trabalhador vai acompanhando o tutorial através da realidade aumentada e ao mesmo tempo vai montando a sua peça no ambiente real. Deste modo, ao acompanhar o tutorial, o colaborador não se esquece de nenhum passo. Logo a percentagem de peças com defeito, devido a montagens imperfeitas, vai ser menor do que se não estivessem a utilizar a realidade aumentada, como manual de montagem.

3.7. Utilização da realidade aumentada no método *Kanban*.

Uma empresa tem sempre a tendência de produzir mais do que aquilo que se consegue escoar no mercado, em determinado período, o que vai fazer com que o produto final armazenado aumente.

O método *Kanban* foi criado para que o produto seja produzido no tempo certo e na quantidade pretendida.

Conforme foi dito, este método consiste em que o posto de trabalho a jusante utilize a produção do posto de trabalho a montante. Normalmente quando o lote de peças do posto de trabalho a jusante acaba, é enviada uma etiqueta *Kanban* para o posto de trabalho a montante, para que se produza mais um lote de peças.

Se os colaboradores da empresa utilizassem óculos de realidade aumentada, o mesmo colaborador do posto de trabalho a jusante, quando acaba um lote de peças, pode através de um comando de voz enviar uma marca *QRcode* para o monitor do posto de trabalho a montante. O colaborador daquele posto, ao ler a essa marca *QRcode*, vai visualizar no seu *display* dos óculos de realidade aumentada, uma etiqueta *Kanban* virtual. Ao receber essa etiqueta, o colaborador coloca-a num quadro de planeamento (em branco, no ambiente real, mas preenchido virtualmente, este preenchimento só pode ser visto com óculos de realidade aumentada). Em seguida dá início à produção de mais um lote de peças. No fim de produzir o lote solicitado, envia-o e envia também uma marca *QRcode*, para o posto de trabalho a jusante. Lá, o colaborador lê no seu monitor a marca *QRcode* e vai visualizar uma etiqueta *Kanban* virtual referente ao lote produzido.

Com a utilização da realidade aumentada o método *Kanban* torna-se mais célere, pois o envio de etiquetas é mais rápido

Capítulo 4

4. Conclusão

4.1. Conclusões

O objetivo deste trabalho teórico foi tentar demonstrar que a realidade aumentada pode melhorar os métodos e as ferramentas Lean.

No capítulo anterior foram mostrados vários exemplos. Em cada um deles foi utilizado um método ou ferramenta Lean.

No exemplo dado para o método 5's percebeu-se que através da utilização da realidade aumentada, os utilizadores, mesmo os mais inexperientes, poderiam entender o conceito deste método e proceder à sua correta implantação no terreno. A realidade aumentada agiria como uma entidade formadora que dá primazia à prática. Através da interação entre utilizador e realidade aumentada, o utilizador assimila os conhecimentos mais rapidamente e sem erros, só cumpre uma tarefa depois de ver a mesma tarefa exemplificada pela realidade aumentada. Esta sinergia entre 5's e realidade aumentada levará a que não sejam cometidos tantos erros, o que vai levar a uma maior funcionalidade no respetivo local de trabalho.

Como foi dito, o método SMED é um método que tem como objetivo a redução do tempo de preparação, *setup*. Com o exemplo dado, pensa-se que ficou demonstrado que a realidade aumentada neste caso seria uma mais-valia. Ao mesmo tempo que a demonstração virtual, o utilizador repete o gesto no ambiente real, está-se a marcar uma cadência temporal. Se a exemplificação for mais rápida, a repetição por parte do utilizador também será mais rápida, nunca esquecendo a segurança da máquina e dos seus utilizadores. Novamente, a realidade aumentada fará com que a hipótese de erro seja mínima, pois o utilizador primeiro vê como se faz e só depois é que executa.

Em relação ao método *Poka-Yoke*, a RA resulta numa deteção mais rápida de peças com defeitos. A utilização da realidade aumentada fará com que se torne mais fácil perceber se uma peça está de acordo ou não com as especificações de projeto.

A realidade aumentada vai melhorar o método TPM, no sentido em que os técnicos, não só poderão consultar as especificações das máquinas no próprio momento [40], como poderão contactar outros técnicos via *wi-fi* e *internet* para tirar dúvidas ou pedir segundas opiniões. Todas estas ações são ferramentas muito valiosas. Vão poupar tempo de manutenção, ajudar os utilizadores de modo a não permitir que haja erros de manutenção, logo vão contribuir para a criação de valor.

O aumento do tempo produtivo no método *Heijunka* pode ser outra consequência da correcta aplicação da RA. No exemplo dado, a mudança de produto produzido foi quase instantânea.

Como sabemos o método *Heijunka* vai alternando lotes de produtos diferentes de modo a que o armazenamento de produtos esteja nivelado, assim não se cai no erro da superprodução.

Com a realidade aumentada a mudança de produto é rápida, o que faz com que não haja perda de tempo de produção. O exemplo utilizado com o método *Heijunka* também poderia ser usado para o método SMED, pois com a realidade aumentada a mudança de *setup* é instantânea.

No método *standardized work* a RA vai ajudar à diminuição da produção de peças defeituosas. Neste método o utilizador é acompanhado virtualmente em cada passo de montagem, para que não haja erros que possam levar à existência de peças com defeito.

A utilização da realidade aumentada com o Método *Kanban* torna todo o processo de abastecimento de postos de trabalho mais rápidos.

Para além dos métodos e ferramentas em cima descritos a realidade aumentada também vai mexer com outros métodos, não de uma forma tão direta, mas sim indireta.

Se utilizarmos um dos métodos descritos em cima, a produção da empresa vai melhorar, isso vai-se refletir no mapa do valor acrescentado, VSM. Também o quadro futuro vai demonstrar uma melhoria.

Do mesmo modo, a realidade aumentada vai melhorar o método *kaizen*. Este método consiste no princípio da melhoria contínua.

Por último, como vimos a realidade aumentada vai fazer com que haja uma maior funcionalidade, ou seja uma maior cadência de produção. Ao ser diminuído o erro, fará com que a hipótese de produção de peças com defeito diminua. Os métodos descritos neste trabalho vão poupar à empresa tempo de manutenção, aumentar tempo de produção e reduzir o número de peças por defeito. Desta forma a realidade aumentada está a contribuir para a melhoria do método *Just-in-time*.

Referências bibliográficas

Bibliografia:

- [1] Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.- The machine that changed the world: The story of lean production. (1991).
- [2] Ohno, T.- Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity Pr, 1988. ISBN 0915299143.
- [3] Chen, L.; Meng, B.- The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System. International Journal of Business and Management. ISSN 1833-8119. Vol. 5, n.º 6 (2010), p. 203
- [4] Ivan E. Sutherland, The ultimate *display*, Proceedings of IFIP'65, pp 506-508, 1965
- [5] Ivan E. Sutherland. A head-mounted three-dimensional *display*. In Fall Joint Computer Conf.
- [6] A. Courtois; M. Pillet; C. Martin, Gestão da Produção, Lidel, 1997
- [7] Pinto, J.P. (2009). Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras. 2º Edição, Lidel.
- [8] Liker, J.K.- The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill Professional, 2004. ISBN 0071392319.
- [9] Shahin, A.; Janatyan, N.- Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity. International Business Research. ISSN 1913-9012. Vol. 3, n.º 4 (2010), p.P105.
- [10] Cabrita, Carlos Pereira- Caracterização das filosofias lean production, six sigma, lean sigma e lean maintenance. Universidade da Beira Interior, 2009.
- [11] Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). Lean thinking - Banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster. Sydney.
- [12] Bidarra, Tiago - Implementação da Filosofia SMED numa empresa do setor da industria automóvel. Universidade da Beira Interior, 2011.

- [13] (Singh, B., and Sharma, 2009 - Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: as indian case study of a manufacturing firm. *Mesuring Business excellence* 13, 58-68.)
- [14] Simmons, L., Holt, R., Dennis, G., and Walden, C. (2010). *Lean Implementation in a Low Volume Manufacturing Environment: a Case Study*.
- [15] Pinto, José Luís Quesado- *Modelo de Implementação do pensamento JIT - Uma abordagem prática aos conceitos*. Publindustria Edições Técnicas, 2009b. ISBN 978-972-8953-35-5.
- [16] Min, W.; Sui Pheng, L.- *Modeling just-in-time purchasing in the ready mixed concrete industry*. *International Journal of Production Economics*. ISSN 0925-5273. Vol. 107, n.º 1 (2007), p.190-201.
- [17] Emery, S., Cudney, E., and Long, S. (2009). *An Evaluation of Lean Technique Effectiveness*. *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*.
- [18] Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologia Kaizen Para a Melhoria Contínua (LeanOp)*.
- [19] Emiliani, M. (2008). *Standardized work for executive leadership*. *Leadership & Organization Development Journal* 29, 24-46.
- [20] Pinto, A e Soares, I. (2010). *Sistemas de gestão da qualidade - guia para a sua implementação*. Edições Sílabo. Lisboa.
- [21] Nash, M. A. E Poling, S.R. (2008). *Mapping the total value stream-A comprehensive guide for production and transactional processes*. CRC Press - Taylor e Francis Groupe.
- [22] Singh, J. e Singh, H. (2009). *Kaizen Philosophy: A Review of Literature*.
- [23] Imai, M. "Gemba Kaizen- A commonsense approach to a continuous improvement strategy", *An Introduction to Kaizen*
- [24] Tokutaro Susuki, *New Directions for TPM*, Productivity Press, Portland, USA, 1992.
- [25] Oliver Bimber, Ramesh Raskar - *Spatial Augmented reality, merging real and virtual worlds* (2005), A.K. Peters, Lda, ISBN 1-56881-230-2
- [26] Ronald Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre. *Recent advances in augmented reality*. *Computers and Graphics IEEE*, 2001.

- [27] Fotis Liarokapis, Martin White, and Paul Lister. Augmented reality interface toolkit. In IEEE Proceedings of the Eighth International Conference on Information Visualisation.
- [28] Mark Fiala. Artag, a fiducial marker system using digital techniques. In CVPR '05: Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05) - Volume 2, pages 590-596, Washington, DC, USA, 2005. IEEE Computer Society.
- [29] ADAM. L. Janin, DAVID. W. Mizell, and THOMAS. P. Caudell. Calibration of head-mounted displays for augmented reality applications. In IEEE Virtual Reality Annual International Symposium, pages 246-255, 1993.
- [30] Sheng Jesse Jin, Donggang Yu, Suhuai Luo and Wei Lai - A useful visualization technique: A literature review for Augmented Reality and its application, limitation & future direction
- [31] José Rouillard. Contextual qr codes. Computing in the Global Information Technology, International Multi-Conference on, 0:50-55, 2008.
- [32] Cognex. Implementing direct part mark identification: 10 important considerations. white paper of company Cognex.
- [33] Daniel Wagner and Dieter Schmalstieg. Artoolkitplus for pose tracking on mobile devices. In Proceedings of 12th Computer Vision Winter Workshop (CVWW'07), 2007.
- [34] Daniel Wagner, Dieter Schmalstieg, and Horst Bischof. Multiple target detection and tracking with guaranteed framerates on mobile phones. In ISMAR'09: Proceedings of the 2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pages 57-64, Washington, DC, USA, 2009. IEEE Computer
- [35] 3D User Interfaces: Theory and Practice. Addison-Wesley Professional, 2004.
- [36] Jules White, Douglas C. Schmidt, Mani Golparvar-Fard, Applications of augmented reality - Proceedings of the IEEE - Volume 102, pages 120-123, February 2014.
- [37] Google gets in your face [2013 Tech To Watch] Spectrum, IEEE-Volume:50, Issue: 1 , pages 26-29
- [38] Build your own google glass [Resources_Hands On] Spectrum, IEEE-Volume:50, Issue: 1 , pages 20-21

- [39] Stefan Nölle, Prof. Gudrun Klinker, Ph. D.; Augmented Reality as a Comparison Tool in Automotive Industry - Mixed and Augmented Reality, 2006. ISMAR 2006. IEEE/ACM International Symposium on, pages 249-250, 22-25 Oct. 2006
- [40] Holger Regenbrecht, Gregory Baratoff, Wilhelm wilke, Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society - Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries - November/December