



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Lean Manufacturing Aplicada à Otimização de Implantações

José Pedro Pereira da Costa

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

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, Junho de 2013

Dedicatória

Aos meus pais, irmã e a minha namorada que me sempre apoiaram.
Em memória do meu avô José Pereira da Silva.

Agradecimentos

O presente trabalho só foi possível graças ao empenho e à colaboração de várias pessoas. A todos desejos agradecer de uma forma geral, mas em particular quero expressar a minha gratidão a algumas pessoas.

Ao professor Fernando Santos por tornar possível esta experiência numa empresa como a *Borgstena* e também pela sua ajuda e disponibilidade.

Aos engenheiros Romualdo Tavares e Guilherme Paixão por me concederem esta experiência em ambiente fabril.

Ao engenheiro Paulo Rocha pelo acompanhamento ao longo deste trabalho e pela sua disponibilidade.

Resumo

Um dos aspetos fundamentais a ter em conta na filosofia de qualquer empresa que pretenda ter sucesso, na área *lean*, é procura antecipar e satisfazer as necessidades dos seus clientes.

A eficiência de um sistema produtivo que resulta da redução de desperdício, é essencial para o sucesso de qualquer empresa. A eliminação do desperdício foi a base de sustentação para a criação dos princípios do *Lean Manufacturing*, implementados pela primeira vez no Japão, pela Toyota e hoje em dia adotados por milhares de empresas em todo o mundo.

Esta dissertação tem como objetivo a otimização da produção através da mudança de *layout* da fábrica, através de uma aplicação de um caso em ambiente fabril, reduzindo desperdícios inerentes ao processo produtivo e considerados pela filosofia *lean*.

Compreendendo assim, os benefícios que existem em realizar uma alteração de *layout*, aplicando uma metodologia, tendo por objetivo a redução dos tempos de produção, através de uma diminuição dos movimentos e das distâncias a percorrer pelo operador, bem como a redução dos *stocks* intermédios da minimização dos efeitos do ponto de estrangulamento (*bottleneck*) encontrado.

Palavras-chave

eliminação de desperdícios, *Lean Manufacturing*, alteração *layout*, metodologia, *bottleneck*, *stocks* intermédios.

Abstract

One of the key aspects to take into account on the philosophy of any company that wishes to succeed, in lean area, is to anticipate and meet the needs and desires of their customers.

The efficiency of a production system and waste reduction are essential to the success of any company. The elimination of waste is the support basis for the establishment of Lean Manufacturing principles, firstly implemented by Toyota in Japan and now adopted by thousands of companies worldwide.

This dissertation aims at optimizing production through changing plant layout, through an application of a case in a manufacturing environment, reducing waste inherent in the production process and considered the lean philosophy, based on the seven wastes.

Understanding thus the benefits that are to hold a layout change, applying a methodology to reduce production times, through a reduction of movements and distances involved by the operator as well as the reduction of intermediate stocks minimizing the effects of the bottleneck found.

Key-words

Elimination waste, Lean Manufacturing, layout change, methodology, bottleneck, intermediate stocks.

Índice

Capítulo 1: Introdução	1
1. Introdução	2
1.1 Enquadramento	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura da Dissertação	2
Capítulo 2 :Lean Manufacturing	4
2. Lean Manufacturing	5
2.1 Origem do <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.2 Definição e Objetivos do Lean Manufacturing.....	6
2.3 Desperdícios considerados pelo <i>Lean Manufacturing</i>	6
2.4 Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.5 A Casa do Sistema de Produção da <i>Toyota</i>	10
2.6 Ferramentas e Técnicas do <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.6.1 Heijunka	11
2.6.2 Sistema <i>Kanban</i>	11
2.6.3 Metodologia 5S	12
2.6.4 <i>Kaizen</i>	13
2.6.5 Manutenção Produtiva Total (TPM).....	14
2.6.6 Mapa do Fluxo de Valor (VSM)	14
2.6.7 <i>Poka-Yoke e Andon</i>	16
2.6.8 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	17
Capítulo 3 : Layout de Fábrica	19
3. Layout de Fábrica	20
3.1 Introdução.....	20
3.2 Objetivos do Layout de Fábrica.....	20
3.3 Tipos de <i>Layouts</i> mais comuns.....	21
3.3.1 <i>Layout</i> de Posição Fixa	22
3.3.2 <i>Layout</i> Funcional ou por Processo	23
3.3.3 <i>Layout</i> de Produto.....	24
3.3.4 <i>Layout</i> Celular	25

3.4	<i>Bottlenecks</i> ou Pontos de Estrangulamento	26
Capítulo 4: Metodologia		28
4.	Metodologia	29
5.	Proposta de melhoria - Alteração do <i>Layout</i>	32
5.1	Introdução.....	32
5.2	Descrição da Empresa.....	32
5.3	Atividade produtiva.....	33
5.4	Análise aos Produtos.....	35
5.5	Funções dos Principais Equipamentos.....	36
5.6	Descrição do Processo Produtivo.....	38
5.7	Propostas para um Estado Futuro.....	41
5.8	Ponto de Estrangulamento ou <i>Bottleneck</i>	42
Capítulo 6: Conclusões.....		47
6.	Conclusões	48
Capítulo 7 : Bibliografia		49
7.	Bibliografia	50

Lista de Figuras

Figura 1: Os sete desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i> (adaptado de <i>Melton,2005</i>)	7
Figura 2: Representação do Sistema de Produção Toyota (Pinto,2008).....	10
Figura 3 - Etapas do VSM (adaptado de <i>Rother e Shook (1999)</i>).....	15
Figura 4 - Exemplo de um VSM (Fonte: <i>Womack e Jones, 2002</i>)	16
Figura 5 - Tipos de <i>layout</i> : quantidade vs nº de produtos.	21
Figura 6 - Exemplo de Layout de Processo (Pinto,2008)	23
Figura 7 - Exemplo de Layout por Produto (Pinto,2008)	24
Figura 8 - <i>Layout</i> geral da fábrica com respetiva legenda.	34
Figura 9 - Fio cru preparado para ser bobinado	35
Figura 10 - Esquema das Estantes no pavilhão de tingimento.	36
Figura 11 - Equipamentos na Secção de Tingimento	37
Figura 12 - <i>Layout</i> do Pavilhão de Tingimento.	38
Figura 13 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado atual no pavilhão de tingimento.	38
Figura 14 - Vista da bobinadeira com carrinho.	39
Figura 15 - Bobines de fio colocadas dentro dos porta-materiais.	40
Figura 16 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado futuro (possibilidade nº1) no pavilhão de tingimento.	41
Figura 17 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado futuro (possibilidade nº2) no pavilhão de tingimento.	42

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Nº de Posições utilizadas pela bobinadeira por família de fio.....	43
Tabela 2 - Quantidade diária, velocidade da bobinadeira e peso por tipo de fio.	43
Tabela 3 - Capacidade da produção da Bobinadeira.....	45
Tabela 4 - Capacidade de produção na Máquina de Tingimento	45
Tabela 5 - Capacidade de produção na Máquina de Secagem	46
Tabela 6 - Capacidade de Produção Máxima por Máquina.....	46

Lista de Acrónimos

5S - Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke

JIT- Just-In-Time

LM - Lean Manufacturing

SMED - Single Minute Exchange of Die

TPM - Total Productive Maintenance

TPS - Toyota Production System

VSM - Value Stream Mapping

WIP - Work in Process

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A presente dissertação, para além do enquadramento teórico, apresenta um estudo de caso efetuado na empresa *Borgstena Textile Portugal Lda*, situada em Nelas.

A realização deste estudo tem como finalidade a otimização dos processos produtivos, reconfigurando o *layout* existente, utilizando para isso uma metodologia aplicada na fábrica, com intuito de resolver os problemas encontrados na mesma.

1.2 Objetivos

A realização deste trabalho tem como objetivo principal a caracterização e apresentação de propostas de melhoria no *layout* de modo a aperfeiçoar o fluxo produtivo, eliminando desperdícios que não acrescentem valor, para isso é apresentado um caso, realizado na secção de tingimento do fio.

Desta forma, foram traçados os seguintes objetivos:

- Aumentar a utilização das máquinas;
- Melhorar a utilização do espaço;
- Diminuir os movimentos dos operadores;
- Diminuir a movimentação dos materiais;
- Melhorar o fluxo de materiais e de informação;
- Melhorar o processo de cada produto.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta secção apresenta a forma como esta dissertação se encontra organizada.

No capítulo 1, apresenta-se uma breve introdução ao projeto a executar descrevendo-se os seus objetivos gerais e específicos. Assim como a estrutura geral da dissertação.

No capítulo 2, apresenta-se o suporte teórico de desenvolvimento da dissertação, onde são apresentados os temas relativos ao *lean manufacturing* e as respetivas ferramentas.

No capítulo 3, aborda-se a nível teórico as questões associadas à temática do *layout*, entre os quais os diferentes tipos de layout, e os pontos de estrangulamento ou *bottlenecks*.

No capítulo 4, aborda-se a metodologia do layout e lean, a ser aplicada no caso prático.

No capítulo 5, realiza-se uma breve descrição da empresa, acerca da sua atividade produtiva.

No capítulo 6, faz-se a aplicação da metodologia apresentada no capítulo 4, a um caso prático em ambiente fabril, para a reconfiguração do layout e ainda a avaliação da capacidade de produção das máquinas existentes de modo a encontrar o ponto de estrangulamento da produção.

No capítulo 7 encontra-se a conclusão, onde se verifica se os objetivos foram cumpridos, justificando as implementações feitas e proposta para trabalho futuro.

Por fim no capítulo 8 apresenta-se a bibliografia que foi consultada para realização do trabalho.

Capítulo 2

Lean Manufacturing

2. *Lean Manufacturing*

2.1 Origem do *Lean Manufacturing*

A origem do conceito *lean*, começou a ser desenvolvido durante a década de 1950, por *Taiichi Ohno* e *Eiji Toyoda*(cuja família conduzia os destinos da Toyota desde 1937), no seio da *Toyota Motor Company*. Logo após a segunda guerra mundial o Japão atravessava uma grave crise económica (Liker e Meier,2006), isso fez com que perante esta crise, *Eiji Toyoda*, assim como *Taiichi Ohno*, ao visitarem e estudarem a fábrica da Ford, em Detroit, durante três meses (Womack, Jones e Ross, 1990) onde verificaram algumas falhas, como o facto de se produzir em grandes quantidades, o que levava a um desgaste acrescido das máquinas e a grandes acumulações de material.

Tendo por base as falhas encontradas, *Eiji Toyoda* atribui a *Taiichi Ohno* (diretor da Toyota), a tarefa de aumentar a produtividade eliminando todos os desperdícios, ou seja, todas as atividades existentes que não acrescentavam valor ao produto.

Taiichi Ohno contava com mão-de-obra qualificada e com vontade de competir mundialmente, no entanto os seus recursos eram ineficientes e mostrava-se necessária uma aposta no incremento na qualidade e uma diminuição dos desperdícios para se tornarem competitivos no mercado.

Foi assim que surgiu o *Toyota Production System* (TPS), com princípios diferentes dos da produção em massa, com base na constante procura de eliminação de desperdícios.

O TPS foi sofrendo vários processos de aprendizagem durante várias décadas, estando em constante evolução a nível mundial.

No livro "*The Machine that changed the World*"(Womack, Jones e Ross,1990), divulgou o conceito do TPS designando-o de "*Lean Production*",ou "*Lean Manufacturing*",este termo tem em português tem a tradução de "produção magra" , pois constata-se que comparado com a produção em massa, utiliza metade do esforço humano, do espaço , do investimento em ferramentas, velocidade de desenvolvimento de novos produtos e despesa total.

2.2 Definição e Objetivos do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia baseada no TPS. Este sistema tem como principal objetivo a eliminação das atividades desnecessárias à produção, que estabeleça um método produtivo focalizado nos pedidos dos clientes, e deste modo, consiga obter uma vantagem competitiva no mercado. Para isso, é fundamental que ocorra um balanceamento de todos os processos produtivos, utilizando um nível de *stock* ótimo e garantindo que todos os processos e recursos utilizados acrescentem efetivamente valor.

A implementação desta filosofia permite criar uma envolvimento de todos os colaboradores, transformando cada colaborador num membro da empresa, desenvolvendo um ambiente de estabilidade.

Os principais objetivos do *Lean Manufacturing* são (Womack, Jones e Ross,1990):

- Eliminação dos desperdícios;
- Melhoria da qualidade;
- Redução dos tempos de preparação;
- *Lead Time*¹ reduzido;
- Redução dos custos de fabrico e de transporte de produtos;
- Inexistência de operações que não acrescentem valor;
- Inexistência de defeitos;
- Nível de stock reduzido;
- Envolvimento das pessoas nos processos;
- Produção dos produtos necessários.

2.3 Desperdícios considerados pelo *Lean Manufacturing*

Taiichi Ohno revolucionou a forma como as empresas lidam em termos de produção, dando importância aos desperdícios (em japonês são chamados de “*muda*”) criados num sistema produtivo e procurando a disposição para a eliminação dos mesmos. Deste modo, e durante o desenvolvimento do TPS, *Ohno* (*Ohno,1988*) classificou sete desperdícios que não acrescentam qualquer tipo de valor (figura 1).

¹ O tempo necessário que um produto demora a percorrer num processo, desde a sua entrada até à sua saída.

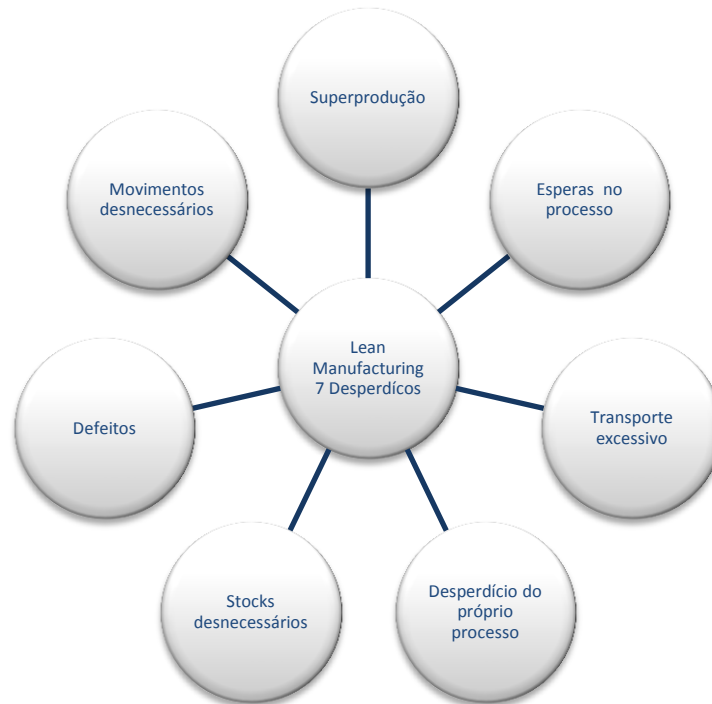


Figura 1: Os sete desperdícios do *Lean Manufacturing* (adaptado de *Melton,2005*)

- **Superprodução:** é um dos mais comuns dos desperdícios encontrados (*Ohno,1988*), acontece quando se produz mais do que o cliente pede, criando um excesso de stocks. A produção deve ser programada de acordo com as necessidades dos clientes. Segundo *Shingeo (Shingeo,1989)* existem dois tipos de perdas por superprodução:
 - ✓ Superprodução por Quantidade: que resulta do facto de fazer mais produto do que é necessário.
 - ✓ Superprodução por Antecipação: que é a perda decorrente de uma produção efetuada antes do momento necessário deste modo, as peças/produtos fabricados ficarão stock aguardando a ocasião de serem processadas por etapas posteriores.
- **Esperas no processo:** ocorre quando as peças/produtos estão prontos a serem processados, porém ficam à espera dos recursos que podem ser, material, pessoas, equipamentos, ferramentas ou informações não disponíveis. A solução poderá ser tornar o fluxo contínuo.
- **Transporte excessivo:** o transporte entre processos representa um custo, incrementa o tempo de fabrico e que não acrescenta valor ao produto. Excessivos movimentos podem ainda causar danos nos produtos. Para diminuir a distância a percorrer por parte do material, uma boa norma será retificar os respetivos *layouts* e o processo existente (*Ghinato,2000*).

- **Desperdício do próprio processo:** este desperdício pode resultar da utilização incorreta das ferramentas e dos equipamentos ou ainda devido à falta de informação. O processamento em excesso é tão prejudicial como o sub-processamento. Este desperdício pode ser combatido através da formação dos trabalhadores, ou aplicação de metodologias de engenharia de modo a simplificar ou reduzir o número de operações para produzir um determinado produto.
- **Movimentos desnecessários:** ocorre quando se verifica que existe uma desorganização no ambiente de trabalho, disposição errada dos equipamentos de práticas de trabalho incorretas. Os movimentos realizados não acrescentam valor ao produto e portanto são considerados desperdício. Isto pode ser melhorado através da adoção de melhores métodos de trabalho e da alteração do *layout*.
- **Stocks desnecessários:** está relacionado com a acumulação de produtos, originando desperdício a nível de investimento de espaço e de tempo. Para reduzir os *stocks*, terá se ter encontra alguns aspetos, como por exemplo reduzir os tempos de preparação da máquina e garantir um nivelamento produtivo, através de um fluxo que seja estável e contínuo (Pinto,2009).
- **Defeitos:** a produção de produtos defeituosos não acrescentam valor e quanto mais tarde for detetado mais custos acarreta para a empresa, no fim estes produtos não podem ser vendidos e vão dar origem a retrabalho ou então podem chegar mesmo a ser descartados. Assim, mostra-se necessário repensar o sistema desenvolvido de modo a identificar os defeitos e as suas causas para que se possam tomar medidas corretivas.

2.4 Princípios do *Lean Manufacturing*

Alguns princípios são apresentados por *Womack e Jones (1996)*, com o propósito de eliminar os desperdícios referidos anteriormente, deste modo foram definidos cinco princípios que representam um ciclo contínuo:

- 1) **Especificação de valor:** Neste primeiro passo é necessário a identificação clara das especificações e termos do produto pretendidos pelo cliente. O cliente do respetivo produto ou serviço é que define o que representa valor para o produto e não o fabricante. Deve-se satisfazer as necessidades dos clientes e realizar a

entrega do produto ou serviço em tempo certo, nas quantidades certas e com a qualidade pretendida.

- 2) **Identificar a cadeia de valor:** Deve-se identificar de forma clara a cadeia de valor desde o fornecedor até ao cliente final, para isso são definidos 3 tipos de processos (Pinto,2008): aqueles que agregam valor, aqueles que não acrescentam valor, mas que no entanto são um “mal necessário” para a manutenção dos processos e da qualidade, e finalmente aqueles que não acrescentam qualquer valor e por isso devem ser eliminados. Sendo importante que as empresas façam uma análise de todo o seu processo produtivo, desde a criação do produto até à sua venda final.
- 3) **Fluxo:** Os processos de trabalho devem ser concretizados para que exista um fluxo contínuo. Para isso se verificar será necessário proceder à remoção dos desperdícios e dos *bottlenecks*², possibilitando uma redução dos tempos de conceção dos produtos.
- 4) **Puxar (pull):** O cliente é quem deve liderar a velocidade de produção, devendo o a produção e o planeamento adaptar-se às suas necessidades, evitando as acumulações de *stock* ao longo do processo (Pinto,2008).
- 5) **Perfeição:** Resulta na procura incessante da melhoria contínua ou “*kaizen*”, em busca da perfeição e da capacidade de gerar o valor perfeito para o cliente, sendo cada vez mais eficiente. A sua aplicação solícita um esforço por parte de toda a empresa, com a colaboração de todos que fazem parte da mesma.

Apesar do *Lean*, ter surgido na indústria automóvel, poderá ser aplicado em diferentes tipos de organizações, podendo ser aplicado mesmo em serviços, pois permite atender aos pedidos dos clientes com baixo custo e nos prazos de entrega mais adequados.

Este conceito, poderá ser aplicado em diversas áreas como de vendas, de compras, de finanças ou de recursos humanos (Pinto,2009).Em qualquer caso, deverá ser dada prioridade onde exista maior desperdício e onde possa oferecer maiores oportunidades de melhoria.

² Gargalo da produção

2.5 A Casa do Sistema de Produção da Toyota

O TPS foi ao longo das décadas sofrendo alterações, levando a Toyota ao sucesso. Os colaboradores apresentavam uma constante evolução, com a descoberta de novas técnicas e métodos que apresentavam melhorias ao sistema já implementado.

A forma mais clássica de representar o TPS é através de uma casa, desenvolvida por Taiichi Ohno e mais tarde por Shigeo Shingo (Pinto,2009), com várias divisões com funções bem definidas mas ligadas entre si (Figura 2).

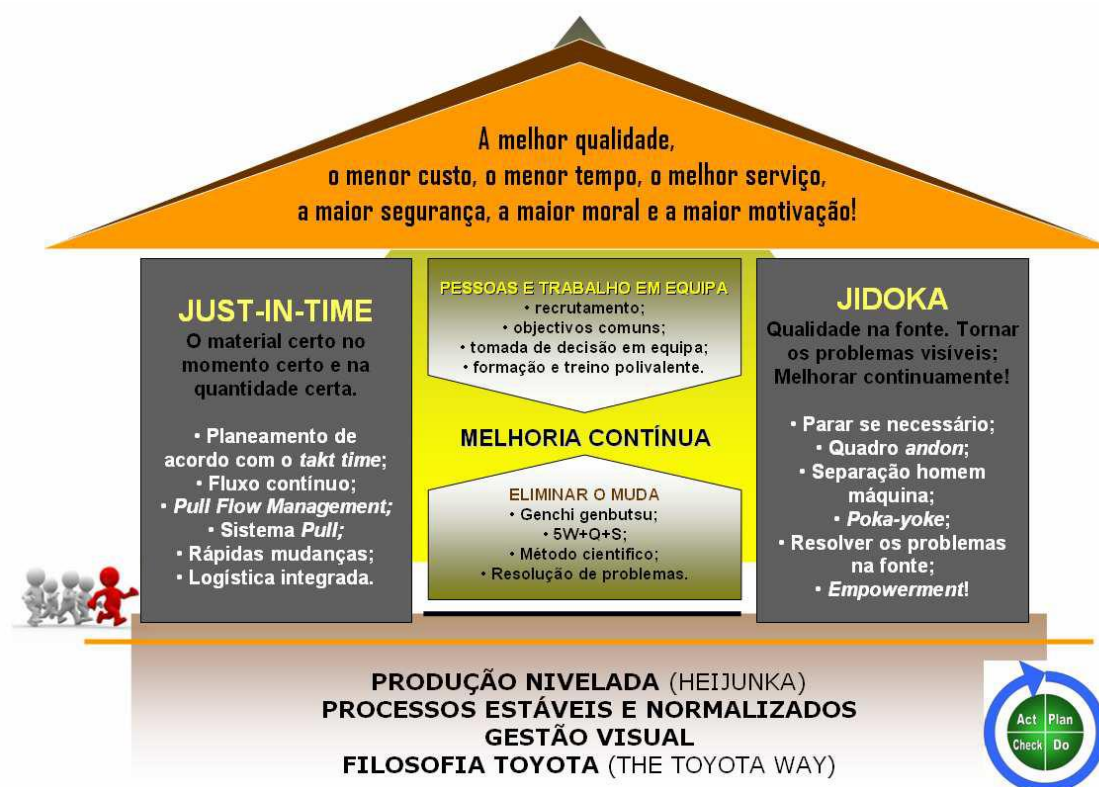


Figura 2: Representação do Sistema de Produção Toyota (Pinto,2008)

Segundo, Ohno (1988), para se conseguir obter a eliminação dos desperdícios, é necessário que exista uma boa implementação dos dois pilares que sustentam o sistema TPS, que são o *Jidoka* (Automação) e o *Just-in-time* (JIT).

O JIT significa produzir os produtos necessários, na quantidade e no momento certo. Enquanto o *Jidoka*, consiste em conceder ao operador ou á máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detetada qualquer anormalidade.

Estes dois pilares que servem de sustentação ao TPS exigem a utilização de diversas técnicas e ferramentas, tais como: o mapa do fluxo de valor (VSM), a manutenção produtiva total (TPM), a metodologia 5S, *Kaizen*, *Heijunka*, sistema Kanban, o sistema de trocas de ferramentas (SMED), *Poka-Yoke* e o *Andon*.

2.6 Ferramentas e Técnicas do *Lean Manufacturing*

2.6.1 Heijunka

Heijunka é um conceito japonês que significa nivelar. Encontra-se por isso associado ao nivelamento da produção, com o objetivo de obter um fluxo contínuo de materiais e de informação em toda a organização (Ghinato,2000), para que os stocks, custos, recursos e tempo ocioso, sejam minimizados. Uma vez que a sua aplicação permite produzir por ordem da procura do cliente, a produção poderá ser muito elevada em certas alturas e mais baixa noutras, no entanto as máquinas, a mão-de-obra e a matéria-prima, manter-se-iam disponíveis, existindo, deste modo, um subaproveitamento destes fatores, particularmente quando se verifica uma baixa procura.

Heijunka é o nivelamento da produção em volume e em combinação (mix) de produtos (Liker,2006).

Ao efetuar um nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, permite que a produção atenda de forma eficiente às necessidades do cliente, ao mesmo tempo que evita os excessos de *stock*, reduz os custos, mão-de-obra, e o lead time em todo o fluxo de valor.

2.6.2 Sistema *Kanban*

O termo da língua japonesa, *kanban*, tem o significado de cartão, e o seu principal objetivo é coordenar a produção de acordo com as necessidades de cada produto. Acima de tudo é um sistema simples e visual que se base.

O *kanban* é uma ferramenta que serve para atingir a produção JIT (Monden,1983), organizando a sequência de acordo com os princípios do JIT, produzindo os produtos nas quantidades e nos momentos necessários, tendo para isso grande importância o sistema *Pull* (puxado), de forma a evitar a acumulação de peças entre postos de trabalho e stocks de produtos finais indesejados.

O sistema *kanban* “puxa” o processo de produção, em que o processo subsequente retirará as partes do processo precedente (Pinto,2009).

Existem dois tipos de sistemas *kanban* (Pinto,2009):

- ***Kanban* de Produção:** é utilizado quando se pretende indicar que o processo produtivo pode começar a produzir um determinado produto.

- **Kanban de transporte:** é utilizado quando se deseja avisar de forma prévia o estágio anterior da necessidade de material em *stock* e transferência deste para o devido destino.

2.6.3 Metodologia 5S

A metodologia 5S, surgiu no Japão baseando-se na organização do local de trabalho com o objetivo de os tornar mais seguros, mais organizados e mais limpos, contribuindo para a eliminação de desperdícios (torna o desperdício conhecido), para a redução de custos e de *stocks*, para uma melhoria da produtividade e qualidade. Deste modo os 5S são cinco palavras, que em japonês, começam pela letra “s”, de forma sequencial, ou seja (Pinto,2009):

- **1º Seiri (organização)** - Nesta fase o trabalho começa a ser colocado em ordem, para que se utilize só aquilo que for necessário e aplicável. Todos os itens desnecessários devem ser removidos da área de trabalho (materiais, máquinas, equipamentos etc....), deixando no ambiente de trabalho apenas os materiais e equipamentos necessários.
- **2º Seiton (Arrumação)** - Depois dos itens desnecessários terem sido descartados, deve-se proceder á arrumação dos itens que permaneceram no posto de trabalho. Deve-se assim, realizar a identificação e a organização dos itens de acordo com a sequência de trabalho, de modo que o material mais utilizado fique perto do operador e que o possa encontrar facilmente (Monden,1983).
- **3º Seiso (Limpeza)** - Esta etapa consiste em manter o local de trabalho limpo, pois ajuda a criar um ambiente agradável, evitando a criação de lixos e de desperdícios.
- **4º Seiketsu (Normalização)** - Significa que se deve normalizar os trabalhos e a organização do espaço, seguindo as regras anteriormente estabelecidas.
- **5º Shitsuke (Autodisciplina)** - Nesta última etapa, pretende-se que seja garantido a manutenção da metodologia, certificando-se assim que as etapas anteriores estão a ser cumpridas, procurando o seu constante melhoramento.

2.6.4 *Kaizen*

A filosofia *kaizen*, teve a sua origem no Japão e tem o significado de melhoria contínua, envolvendo toda a gente da organização, incluindo gerentes e trabalhadores (Imai,1992).

O *kaizen* tem como objetivo a procura da melhoria contínua dos processos em busca da perfeição, para a criação de valor e a eliminação de desperdícios (Melton,2005).

No entanto, a aplicação desta filosofia não é fácil nem rápida, uma vez que deve ser vivenciada pelos colaboradores dia a dia. Para aplicá-la de forma efetiva, a organização deve possuir um profundo conhecimento de seus processos. Dessa forma, fica mais fácil a identificação de desperdícios, ou seja, potenciais melhorias do processo.

O *kaizen* baseia-se na ideia de que o maior ativo existente numa organização são os trabalhadores e o *gemba*.

Segundo Imai (1992), *gemba* é o local onde se cria valor e se resolvem os verdadeiros problemas, com a finalidade de aumentar a produtividade, referindo a importância na eliminação dos desperdícios no *gemba*, em vez do aumento de investimento com a missão de adicionar valor.

Em 1950 Edwards Demings, introduziu uma ferramenta simples, descrevendo o modo como a melhoria contínua deve ser implementada para que seja eficaz (Pinto,2008). Esta ferramenta é conhecida por ciclo PDCA (*Plan,Do,Check,Act*).

- **Plan (Planear)** - Nesta etapa é feita uma análise aos problemas e suas causas. São definidos quais os objetivos a atingir e é realizada uma análise cuidada ao problema de modo a encontrar as suas causas de origem. As ações de melhoria definidas nesta fase são atribuídas a um líder que fica encarregue para a apresentar uma resolução dentro de uma data limite.
- **Do (Executar)** - É a fase aonde ocorre a execução do plano que ficou definido anteriormente, para isso é essencial que todos estejam envolvidos para garantir que as ações implementadas estão de acordo com o planeado.
- **Check (Verificar)** - Nesta fase verifica-se se todas as ações tomadas estão de acordo com os objetivos definidos, ou se é necessário repensar o caminho definido.
- **Act (Atuar)** - Na última fase, é necessário decidir se as ações tomadas são as que melhor enquadram na organização, caso o objetivo seja atingido, as decisões tornam-se efetivas e adota-se o padrão, caso contrário atua-se de modo a corrigir as causas que não permitiram que o objetivo fosse atingido.

Imai (1992) refere que o ciclo PDCA, permite nunca estar satisfeito com o estado atual, sendo um método dinâmico, procurando sempre a melhoria contínua.

2.6.5 Manutenção Produtiva Total (TPM)

O TPM é uma ferramenta fundamental no aumento da disponibilidade e vida útil dos equipamentos, de modo a reduzir todo o tipo de desperdícios no setor produtivo criando um fluxo mais eficiente.

Esta filosofia apresenta como objetivos a maximização do rendimento operacional dos equipamentos disponíveis, englobar todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento, envolve a participação de todos os elementos da produção, da manutenção e respetivos responsáveis, traz motivação para o trabalho em grupo, sendo os objetivos fundamentais do TPM (Pinto,2009):

- **Zero stocks** - Através da redução dos tempos de processamento, de transporte e de mudança de ferramenta e da sincronização da produção.
- **Zero defeitos** - Prevenir a ocorrência de defeitos, verificando os processos de fabrico.
- **Zero avarias** - Responsabilizar todos os intervenientes nas atividades de manutenção dos equipamentos.
- **Zero papéis** - Tem por objetivo rever os fluxos de informação com o objetivo de remover todos os processos burocráticos, tirando proveito das novas tecnologias e sistemas de informação (Pinto,2009).
- **Zero tempo** - Rever e alterar questões associadas aos *layouts*, de modo a que se elimine todos os transportes e movimentações de materiais, que sejam desnecessários.

2.6.6 Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

A utilização desta ferramenta ajuda a visualizar todas as etapas envolvidas no fluxo de material e informação, permitindo identificar todas as fontes de desperdício, fornecendo uma visão global dos processos, não se focando apenas só em processos individuais (*Rother e Shook,1999*).

Corresponde ao conjunto de todas as atividades do processo da cadeia de abastecimento necessárias para cada produto/serviço, desde sua aquisição ao fornecedor até ao consumidor final, considerando o fluxo de material e o de informação.

Para realizar a construção do VSM é necessário a utilização de diferentes símbolos que traduzem uma linguagem simples e intuitiva, de modo a facilitarem a compreensão do estado atual para o planeamento das etapas a realizar no estado futuro (Pinto,2009).

De acordo com *Rother e Shook* (1999) para se proceder à construção do VSM, será necessário seguir as seguintes etapas, representadas na figura 3.

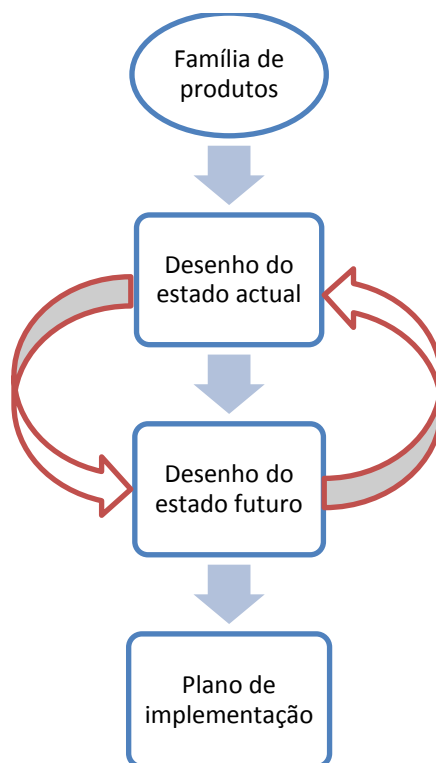


Figura 3 - Etapas do VSM (adaptado de *Rother e Shook* (1999))

Na primeira etapa é identificada a família de produtos a analisar, através do diagrama de Pareto pode-se facilmente identificar qual a família de produtos que tem um maior impacto nas vendas da organização.

O segundo passo consiste na recolha de informações acerca dos processos, junto dos operários e da realização do desenho do estado atual. Deste modo, é identificado e anotado todo o procedimento desde o fornecedor até ao cliente final, mapeando todas as operações de fabrico da família de produtos identificada.

Na figura 3, pode-se verificar que existe uma relação entre o estado atual e o estado futuro (setas de duplo sentido), pois as ideias que surgem para a construção do estado futuro surgem enquanto se estiver a mapear o estado atual. Assim surge a construção do estado futuro, visando a eliminação dos desperdícios destacados pelo mapa atual.

O último passo, resulta na preparação de um plano de implementação do estado futuro, quando este se torna realidade, um novo mapa deverá ser realizado, formando um ciclo de melhoria contínua no nível do fluxo de valor (Rother e Shook,1999).

Um exemplo de um VSM, aparece representado na figura 4.

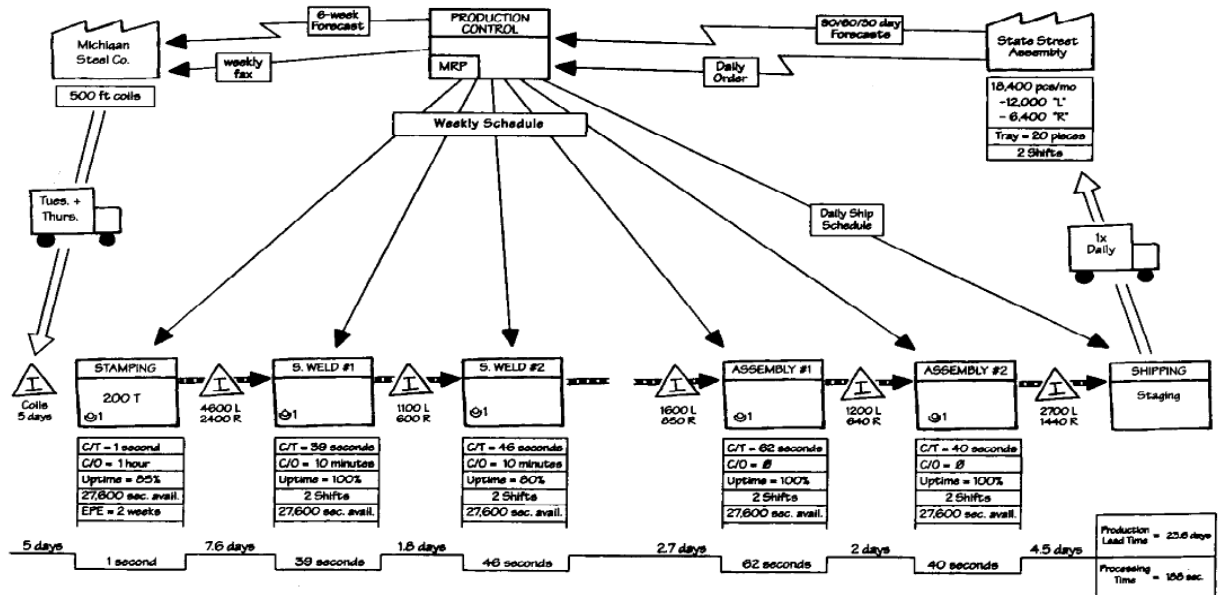


Figura 4 - Exemplo de um VSM (Fonte: Womack e Jones, 2002)

2.6.7 Poka-Yoke e Andon

Poka-Yoke, foi desenvolvido por *Shigeo Shingo* depois da segunda guerra mundial (Feld,2000). Este termo tem o significado de à prova de erros (“*mistake-proofing*”) (Shingo,1989) e é um dispositivo simples que é instalado na máquina ou no posto de trabalho com a função de detetar erros ou evitar a ocorrência de defeitos no processo de fabrico.

Existem duas maneiras, nas quais o *poka-yoke* pode ser utilizado para corrigir erros (Shingo,1989):

- **Método de Controlo** - quando o *poka-yoke* é ativado, provoca a paragem da máquina ou da linha, para que o problema seja corrigido.
- **Método de Advertência** - quando o *poka-yoke* é ativado, um alarme soa ou uma luz acende para alertar o operador.

Deste modo, o método a utilizar deverá ter em consideração a frequência de ocorrência de erros que se pretendem evitar e qual a sua importância para a comercialização do produto. Assim o *poka-yoke* de controlo é o método corretivo mais poderoso, pois paralisa o processo, até que o defeito seja corrigido, enquanto o *poka-yoke* de advertência permite que o processo continue, caso os trabalhadores não atendam ao aviso.

No caso de a escolha mais indicada ser o método de controlo, é segundo *Shingo* (1989) necessário optar por três tipos de *poka-yoke* de controlo:

- **Método de Contacto** - identifica os defeitos relativos à forma ou dimensões do produto, através da existência ou não de contacto com a peça em inspeção.
- **Método de Conjunto** - determina se o número de atividades previstas é executado.
- **Método de Etapas** - determina se as operações estabelecidas são executadas pela ordem prevista no procedimento de trabalho.

A escolha de um destes métodos deve ter em consideração as necessidades do processo a que se destina, bem como o tipo de defeito/erro que se pretende inspecionar.

Conjuntamente com o *poka-yoke*, funciona o *andon*. O *andon* é basicamente, um painel indicador que alerta os trabalhadores para defeitos, anormalidades nos equipamentos ou outros tipos de problemas, usando sinais como luzes, alarmes audíveis, entre outros dispositivos (Liker,2004).

O dispositivo do *andon*, fornece indicações utilizando uma sequência de luzes (Ohno,1988):

- **Luz verde** - Permanece acesa quando as operações ocorrem normalmente.
- **Luz amarela** - Acende quando o operador pretende ajustar alguma coisa na linha e necessita de ajuda.
- **Luz vermelha** - Acende quando é necessário parar a máquina para corrigir um problema.

2.6.8 Single Minute Exchange of Die (SMED)

O SMED foi criado por *Shigeo Shingo* no início dos anos 50, na fábrica MAZDA (empresa produtora de carros de três rodas) em *Hiroshima*, ao observar que uma das prensas esteve parada mais de uma hora por causa de um parafuso, verificou a necessidade da mudança rápida de ferramentas.

Segundo *Shingo* (1985), o SMED pode ser definido como sendo um conjunto de técnicas que tornam possível a realização de trocas de ferramentas em menos de dez minutos.

Shingo, entendeu que, ao efetuar as operações de trocas de ferramentas, identificou a existência de dois tipos de atividades associadas à troca de ferramentas:

- **Setup Interno** - são as atividades que são executadas quando a máquina se encontra parada, como por exemplo: apertar parafusos no interior da máquina, retirar e introduzir componentes, etc..
- **Setup Externo** - são as atividades que são executadas quando a máquina se encontra em funcionamento, como por exemplo: transportar as ferramentas necessária para junto da máquina, assim como todos os componentes necessários á troca de ferramentas.

Estes dois conceitos são extremamente importantes na implementação do SMED. A implementação desta metodologia, baseia-se nas seguintes 4 etapas (Shingo,1985):

- **Etapa 0 (fase preliminar)** - Esta fase consiste na observação do processo atual de troca de ferramentas, deve para isso, contar com a participação dos operadores responsáveis por realizar a troca de ferramentas. *Shingo* (1985) considera que os melhores métodos para a obtenção dos tempos de *setup*, são a utilização de filmagens ao longo do processo, o uso de cronómetro ou entrevistas aos operadores.
- **Etapa 1** - Consiste na identificação e separação das dos *setups* internos dos *setups* externos, sendo considerado o passo mais importante na implementação do SMED, pois qualquer erro realizado nesta etapa, irá refletir-se nas etapas seguintes.
- **Etapa 2** - Nesta fase, é necessário realizar a conversão dos *setups* internos em externos, com o objetivo de eliminar todas as operações que inicialmente eram efetuadas com a máquina parada.
- **Etapa 3** - Finalmente, procede-se a análise de cada uma das operações, verificando a sua possível redução ou eliminação de operações desnecessárias.

Capítulo 3

Layout de Fábrica

3. *Layout* de Fábrica

3.1 Introdução

As decisões acerca do planeamento do *layout* são de uma importância extrema, pois as consequências a longo prazo são grandes, logo é necessário realizar um planeamento cuidadoso.

Segundo *Slack et al (2010)*, o *layout* pode ser definido como sendo uma operação produtiva cuja preocupação assenta na localização física dos recursos de transformação. Assim, de forma simples, o *layout* é decidir aonde colocar todas as instalações, máquinas, equipamento e pessoal da produção na operação.

Numa organização fabril, um trabalho para ser produzido, gasta uma boa parte do tempo em movimentação ou na espera de produtos (*Singh,2006*).

Um bom *layout* pode garantir um sistema de produção mais eficiente e enxuto, dois importantes fatores para garantir o sucesso de uma determinada empresa no mercado competitivo.

Portanto, a necessidade de se fazer um *layout* eficiente segue objetivos em comum que é a produção enxuta, porém, para se tomar certas decisões a respeito disso, muitas vezes não basta apenas visualizar o presente, mas sim ter uma visão do futuro e que prováveis mudanças possam ocorrer.

3.2 Objetivos do *Layout* de Fábrica

Os principais objetivos de um bom *layout* de fábrica podem ser retratados como (*Russel. e Taylor, 2011*):

- Minimizar o custo de movimentos e o manuseamento de materiais;
- Utilizar o espaço de modo eficiente;
- Eliminar os *bottlenecks*;
- Aumentar a capacidade de produção;
- Eliminar desperdícios de movimentos;
- Reduzir o tempo de ciclo de fabrico;
- Promover o produto e qualidade do serviço;
- Fornecer flexibilidade para se adaptar às novas condições;
- Proporcionar um controle visual das atividades;
- Incorporar medidas de proteção e segurança;

- Facilitar a operação do processo de produção e do fluxo;

3.3 Tipos de *Layouts* mais comuns

Segundo Slack et al. (2010), a maioria dos *layouts* existentes derivam de quatro tipos básicos:

- *Layout* de posição fixa;
- *Layout* funcional ou por processo;
- *Layout* celular;
- *Layout* por produto;

Cada um destes tipos de *layout* pode ser caracterizado pela quantidade e diversidade de produtos a fabricar, como se pode ver na figura 5 apresentada abaixo.

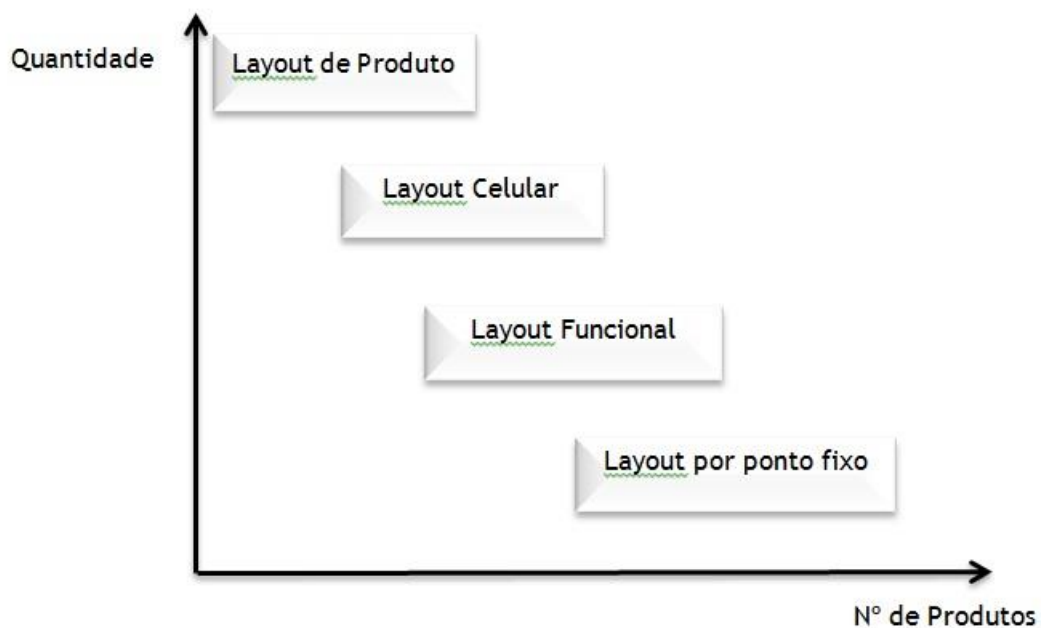


Figura 5 - Tipos de *layout*: quantidade vs nº de produtos.

(Fonte: Adaptado de Carravilla 1998)

3.3.1 *Layout* de Posição Fixa

Trata-se do tipo mais básico de *layout* e é sempre utilizado quando uma atividade se realiza apenas uma vez.

Conforme *Ritzman e Krajewski (2005)*, no *layout* de posição fixa o produto permanece fixo em um local; os funcionários, juntamente com suas ferramentas e equipamentos, dirigem-se ao produto para trabalhar nele.

Caracteriza-se pelo relativo baixo número de unidades produzidas, por isso é tipicamente usado em projetos em que o produto produzido é frágil, com grande volume e pesado para se mover, o produto permanece assim fixo durante todo o ciclo de produção. Exemplos disso é a construção de barcos, aviões (*Russel e Taylor, 2011*).

Segundo *Chase et al (2006)* o produto, devido ao seu elevado volume e peso permanece num único local. Os equipamentos de fabrico ou montagem são movidos para o produto e não o contrário.

Segundo *Chase et al (2006)*, e *Russel e Taylor (2011)*, podemos enumerar as seguintes vantagens e desvantagens existentes no *layout* de posição fixa:

Vantagens:

- O manuseamento do produto que está a ser produzido é reduzido ao mínimo para minimizar possíveis danos e custos inerentes ao seu manuseamento.
- Como o produto não tem de passar por vários departamentos, não há continuidade da força de trabalho. Isto reduz os problemas de planeamento e também diminui as instruções ao pessoal de cada vez que é iniciada uma nova atividade.

Desvantagens:

- Uma vez que os trabalhadores estão envolvidos em mais operações, são necessários trabalhadores qualificados e polivalentes.
- A utilização de equipamentos pode ser baixa devido à permanência dos equipamentos no local de trabalho, em vez de ser movido para outro local onde seria utilizado num outro processo durante o intervalo de tempo que não está a ser utilizado.
- O movimento de pessoas e equipamento pode ser caro.

3.3.2 *Layout* Funcional ou por Processo

Segundo *Chase et al* (2006) é um formato no qual, as máquinas e equipamentos similares são agrupados num local, como por exemplo áreas de estampagem de peças metálicas.

O produto percorre uma sequência estabelecida de operações, deslocando-se de uma área para outra, onde as máquinas se encontram localizadas de acordo com cada operação.

Este tipo de *layout*, pode se encontrar em hospitais, como por exemplo, locais que são dedicados a diferentes tipos de cuidados médicos, tais como maternidades e alas para cuidados intensivos.

Normalmente é usada em processos intermitentes, aonde são produzidos produtos em pequenos lotes ou à unidade e em equipamentos universais (Roldão e Ribeiro,2007).

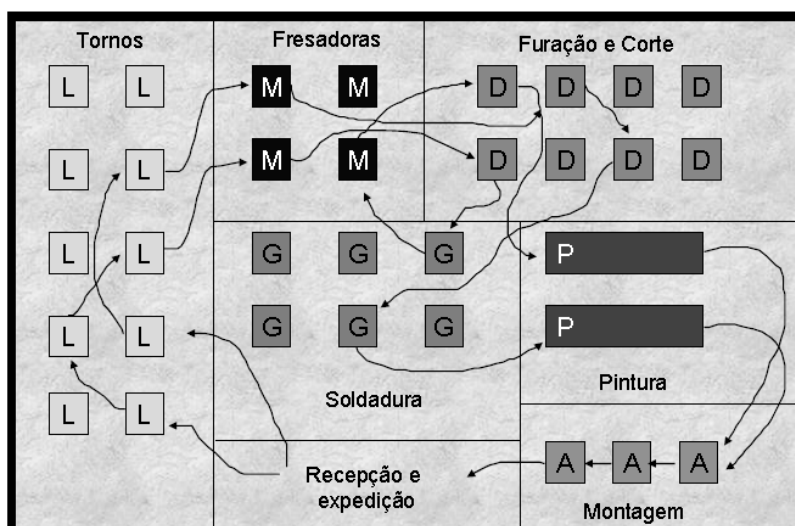


Figura 6 - Exemplo de Layout de Processo (Pinto,2008)

Primeira etapa será determinar as dimensões de cada departamento (ISMAI, Orlando Leal)

Segunda etapa o relacionamento de cada departamento com os restantes

Terceira e última etapa, determina a organização das pessoas dentro de cada departamento.

Vantagens:

- Flexibilidade referente a equipamentos e pessoal.
- Menor investimento em equipamentos, pelo fato de serem universais.
- Experiência devido ao fato de os supervisores de cada departamento estarem informados acerca das atividades realizadas sob a sua direção.

Desvantagens:

- Dificuldade na implementação de melhorias devido à falta de *standards*.
- Custo: os trabalhadores devem ter competências mais amplas e conseqüentemente devem ser proporcionados aos trabalhadores salários mais altos.
- Menor produtividade: cada trabalho é diferente, requerem diferentes setups e aprendizagem dos trabalhadores.
- Dificuldade na identificação das causas dos defeitos.
- Dificuldade na coordenação e planeamento da produção.
- *Lead times* extremamente longos.
- Desperdício de transporte.
- Acumulação de *stock* intermédio (WIP).

3.3.3 *Layout* de Produto

Muito utilizado nas linhas de montagem de automóveis, os equipamentos são dispostos de acordo com as fases sucessivas em que o produto é fabricado.

O *layout* por produto é aquele em que os equipamentos ou os processos de trabalho são organizados de acordo com etapas progressivas pelo qual o produto é realizado. O caminho é efetuado, com efeito, numa linha reta.

Usualmente é utilizada em processos contínuos ou repetitivos

Russel e Taylor (2011), afirmam que o *layout* por produto ou linhas de montagem são utilizados quando a produção executa um elevado volume de produtos. Para se atingir a produção pretendida, da forma mais eficiente possível, as tarefas são divididas por postos de trabalho.

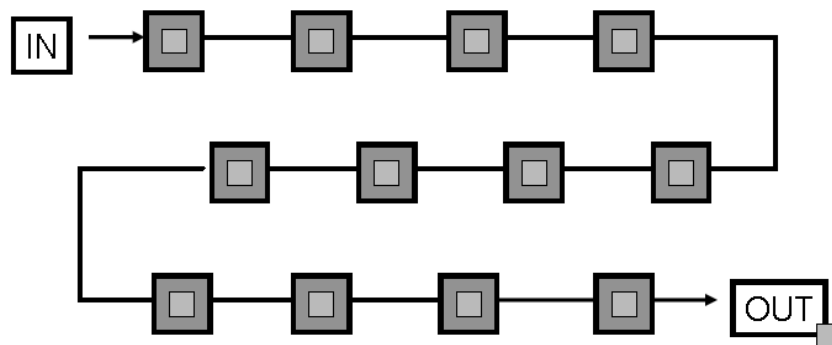


Figura 7 - Exemplo de Layout por Produto (Pinto,2008)

Vantagens:

- Reduzido manuseamento de materiais
 - Pequenas quantidades em *work-in-process*.
 - Reduzido tempo total de processamento.
 - Simplificado planeamento da produção e sistemas de controlo.
 - Simplificação das tarefas, permitindo que os trabalhadores não qualificados aprendam as tarefas rapidamente.
- Produção de elevadas quantidades do mesmo produto;
- Reduzidos custos de formação, devido à subdivisão das tarefas;
- Altas taxas de utilização dos equipamentos;
- Baixos custos de movimentação dos materiais;

Desvantagens:

- Falta de flexibilidade: devido a uma mudança no produto poderá ser necessário modificar o *layout*.
- Falta de flexibilidade relativamente ao tempo: o produto não pode fluir através da linha mais rápido do que a tarefa mais lenta a ser realizada a menos que tenha vários postos.
- Grande investimento: o equipamento é usado para um propósito específico e a duplicação necessária para compensar a falta de flexibilidade referente ao tempo.
- Dependência devido à falha de uma máquina ou ao absentismo por parte dos trabalhadores que pode parar toda a linha de produção
- Trabalho monótono: os trabalhadores podem desenvolver devido à monotonia das tarefas simples

3.3.4 *Layout* Celular

Neste tipo de *layout*, equipamentos diferentes são agrupados em centros de trabalho ou células para trabalhar em produtos que tenham processos semelhantes.

Russel e Taylor (2011), referem que o *layout* celular é uma tentativa de combinar a flexibilidade do *layout* por processo e a eficiência do *layout* de produto.

Baseia-se no conceito de grupo de tecnologia, assim diferentes máquinas são agrupadas dentro de um centro de trabalho chamado de célula, para processar produtos que têm formas ou requisitos de processamento semelhantes. As células são organizadas de modo a que a movimentação de materiais seja minimizado.

Chase, Aquilano e Jacobs (2006), referem que o *layout* celular é semelhante ao layout de processo na medida em que as células são projetadas para executar um conjunto específico de tarefas e por outro lado é semelhante ao layout de produto na medida em que as células são dedicadas a uma gama limitada de produtos.

Vantagens

- Redução da movimentação de materiais.
- Redução do tempo de *setup* de preparação.
- Redução do *stock work-in-process* (WIP).
- Melhor uso de recursos humanos.
- Maior facilidade no controlo.
- Mais facilidade na automação
- Operadores experientes.

Desvantagens

- Células mal balanceadas.
- Formação expandida e planeamento dos trabalhadores.
- Aumento do capital de investimento.

3.4 ***Bottlenecks* ou Pontos de Estrangulamento**

Bottleneck ou ponto de estrangulamento é a designação dada ao componente que limita o desempenho ou a capacidade de todo um sistema (*Chase et al,2006*).

O ponto de estrangulamento é quem dita o nível de produção diária, o cumprimento de certas metas a nível da constituição de *stocks*, o que de forma indireta acabar por afetar no cumprimento de prazos de entrega de produtos (*Courtois et al,2007*).

Pode ser causado por velocidades inadequadas entre dois postos consecutivos, por um layout desajustado, por avarias nos equipamentos.

Estes pontos de estrangulamento podem causar as seguintes consequências (*Courtois et al,2007*):

- Aumento do lead time;
- Perturbações no normal funcionamento do sistema de produção;
- Dificuldades no cumprimento de planos de produção;
- Aumento no custo de produção;

Para ultrapassar os *bottlenecks* existentes numa determinada empresa/ organização deve se proceder da seguinte forma:

Lean Manufacturing Aplicada à Otimização de Implantações

- Aumentar a capacidade, através do uso de melhores ferramentas, trabalhadores, fornecedores, ou métodos de treino;
- Desenhar melhores rotas do material ou *layouts*;
- Evitar ter recursos sem restrições fazendo um trabalho desnecessário;
- Realizar rotinas para manutenção preventiva no equipamento;

Capítulo 4

Metodologia Implementada

4. Metodologia

A metodologia implementada, baseia-se em 14 passos, divididos por duas fases. A primeira fase de Planeamento, realizada dos passos 1-7, e uma segunda fase de Engenharia representada pelos passos 8-14.

Procedimento Standard do Desenvolvimento do Layout (14 Passos)

1. Obtenção de informações sobre a Fábrica
 2. Confirmação dos Produtos
 3. Confirmação do Processo
Aprovação (Gestor de Projeto.....)
 4. Declaração - Novo Conceito de um Novo Projeto
 5. Objetivo de Preparação de Produção
 6. Rever e Clarificar o Conceito
 7. Criação e Visão do Sistema Operacional e Layout
Aprovação (Gestor de Projeto....)
-
8. Detalhar o número de máquinas: novas, partilhadas, reusadas
 9. Mapa de Conexão de Equipamentos.
 10. Detalhar o *layout* da célula.
 11. Detalhar número de pessoas
 12. Verificação se o *layout* está integrado no layout da fábrica.
 13. Avaliação dos resultados conseguidos.
 14. Cronograma
Aprovação (Gestor de Projeto.....)

Lean layout
acompanhamento
mensurável



Numa primeira fase, será indispensável proceder à recolha de todos os dados necessários à execução do estudo relativo à fábrica onde vai ser aplicada esta metodologia. Concretamente, o processo fabrico, o número de trabalhadores e o horário de trabalho (diário ou por turnos).

É necessário conhecer os produtos em questão, obtendo informação acerca dos mesmos, dentro dos diversos tipos de famílias de produtos existentes na empresa.

Importa proceder à verificação de todo o processo produtivo existente.

Isso pode ser feito com a ajuda de uma ficha de observação inicial onde se inscrevem os equipamentos de trabalho existentes e número de trabalhadores afetos ao processo, de modo

a obter um esquema do processo de fabrico, alcançando a forma descritiva de todo o processo existente e registando todas as movimentações realizadas pelos operadores.

Para isso é necessário ter bem presente princípios do *lean* como:

- Fazer a peça certa na quantidade certa, no momento certo.
- Executar com qualidade.
- Com o *lead time* curto.
- Otimização dos recursos humanos.
- Otimização do equipamento.

Criando, assim, objetivos assentes na criação de melhorias na qualidade e produtividade dos produtos.

Importa ainda perceber o que se quer fazer no futuro, criando por isso uma visão futura do *layout* existente. Assim, é indispensável ter em atenção os custos de mudança do *layout*, que podem envolver a compra de novas máquinas para aumentar o nível de produção ou então paragens de produção devido a mudanças do esquema produtivo com o objetivo de ser mais eficiente.

Cria-se o *layout* futuro tendo em conta a capacidade de produção das máquinas que possam existir, de forma a evitar excessos de produção ou stocks intermédios, ou ainda, as distâncias e movimentações percorridas, procurando reduzi-las ao máximo, formando, deste modo, um mapa de conexões.

Após, criado o mapa procura-se a estandardização do *layout*, gerando um processo de trabalho correto de acordo com os objetivos visados.

Será essencial verificar se o *layout* criado está devidamente integrado com layout fabril de modo a que se evitem *bottlenecks*.

Efetuar-se-á então a avaliação dos resultados, verificando se os objetivos propostos foram conseguidos, caso contrário, será conveniente voltar atrás e reanalisar o *layout* por forma a atingir os objetivos a que nos propusemos.

Depois de aprovado pelo diretor geral da fábrica, cria-se um cronograma, de forma a planear e a controlar as atividades a serem executadas.

Capítulo 5

Proposta de melhoria - Alteração do *Layout*

5. Proposta de melhoria - Alteração do *Layout*

5.1 Introdução

Este trabalho consiste na alteração do *layout* do estado atual, na secção de tingimento na empresa *Borgstena*.

A metodologia presente no capítulo 4 serviu de modelo de orientação, mas não foi seguida de forma rígida, sendo assim, efetuada da seguinte forma:

- Realizar uma análise aos produtos encontrados.
- Compreender o funcionamento das máquinas e equipamentos, adquirindo os principais dados dos mesmos.
- Registrar todos os passos do processo produtivo.
- Descrição do processo produtivo atual.
- Delinear possíveis alternativas a introduzir no processo produtivo atual.
- Fazer a comparação estado atual versus estado futuro.
- Averiguar qual a capacidade de produção existente em cada máquina.
- Encontrar o *bottleneck* e procurar descobrir soluções para que a produção se torne mais fluida e que não se encontrem demasiados stocks intermédios (WIP).

5.2 Descrição da Empresa

A empresa *Borgstena* é uma multinacional, com sede na Suécia tendo sido fundada em 1925. Tem uma divisão da empresa em Portugal, mais concretamente em Nelas, com a designação de *Borgstena Textiles Portugal*.

Esta divisão, tem a missão de desenvolver, produzir e comercializar têxteis para o setor automóvel.

Encontra-se presente ainda em vários países como a Suécia, Portugal, Brasil, República Checa, Roménia.

Encontra-se certificada pela Oeko-Tex Standard 100, pela ISO 14001:2004 e ainda pela ISO/TS 16949.

5.3 Atividade produtiva

A *Borgstena* dedica a sua atividade, principalmente à produção de tecidos para a indústria automóvel.

Labora em três turnos 24 horas diárias, e tem cerca de 200 trabalhadores. As matérias-primas utilizadas para a produção dos tecidos são o fio, a espuma e o forro, adquiridas sobretudo no mercado europeu.

Na secção de urdissagem, o fio é urdido (preparado) para ser depois utilizado na tecelagem. Nesta secção (tecelagem), as bobinas, vindas da secção de urdissagem, são colocadas no tear. As atadeiras/rematadeiras encarregam-se de unir cada fio urdido aos fios do tear. O tear é programado com o desenho que se pretende obter, iniciando-se o processo produtivo. Na secção de malharia circular o fio utilizado já se adquire urdido.

Findo o processo de tecelagem e de malharia e em caso de necessidade de acabamentos, a maior parte dos tecidos é enviado para empresas subcontratadas pela *Borgstena*, tanto em Portugal como no estrangeiro. Atualmente, a empresa já adquiriu maquinaria de tingimento e acabamento daí algum do material produzido já ser acabado na própria empresa. Depois do tecido estar finalizado, este poderá ter diferentes destinos: se se tratar de um tecido acoplado entra na máquina de laminagem na qual é feita a aderência do tecido à espuma. Por vezes, aplica-se ainda uma camada de forro. Após esta fase o produto segue para a inspeção final; se o produto não é para acoplar segue direto para a inspeção final.

Durante todo o processo produtivo é realizado testes laboratoriais de forma a garantir a qualidade do produto e o cumprimento das especificações exigidas pelo cliente. Na inspeção final é feito o controlo de todos os tecidos produzidos na empresa.

É aqui que o produto é rejeitado se não cumprir os requisitos exigidos nas especificações. Se todos os parâmetros analisados estão conformes então o produto é aprovado e embalado. Findo o processo de embalamento os produtos são armazenados no armazém de expedição e daqui enviados para o cliente.

É na secção da Inspeção Final que se avalia se o produto se encontra dentro das especificações pretendidas pelo cliente.

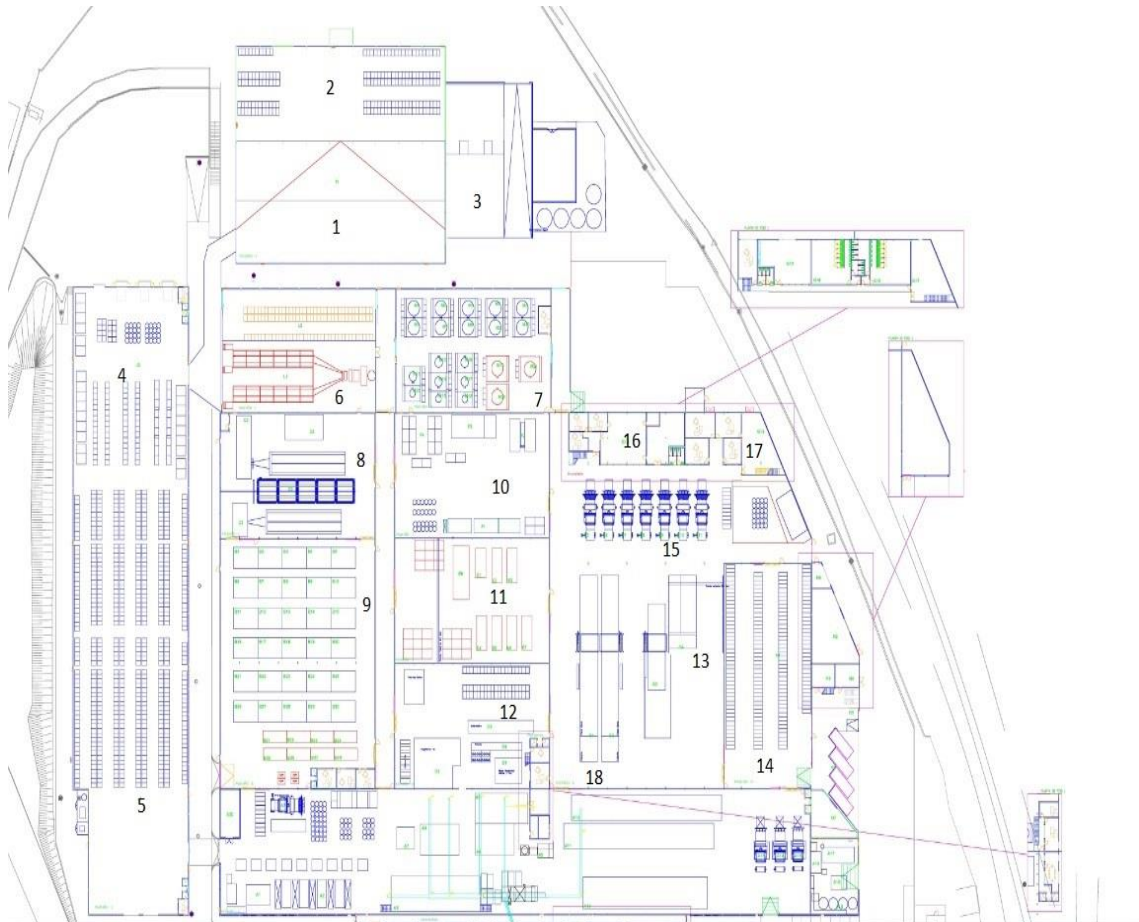


Figura 8 - Layout geral da fábrica com respetiva legenda.

Legenda

- 1- Armazém da Espuma
- 2- Cais Paletes
- 3- Área Tubos
- 4- Armazém de Produto Acabado (Expedição)
- 5- Armazém de Matéria-prima
- 6- Pavilhão com Urdideira *Ketten* e Armazém
- 7- Pavilhão com Teares Circulares
- 8- Pavilhão com Urdideiras Seccionais e Bobinadeira
- 9- Pavilhão com Teares
- 10- Pavilhão de Corte e Confeção
- 11- Pavilhão de Teares *Ketten*
- 12- Pavilhão de Tingimento
- 13- *Hot melt*
- 14- Armazém de Produto Intermédio
- 15- Máquinas de Inspeção
- 16- Laboratório
- 17- Manutenção

5.4 Análise aos Produtos

Os produtos existentes nesta secção são os fios que chegam ao local de trabalho para serem bobinados e posteriormente tingidos.

As famílias de produtos existentes na secção de tingimento:

- Fio 30/2
- Fio 40/2
- Fio 50/2
- Fio 250 dtex
- Fio 800 dtex

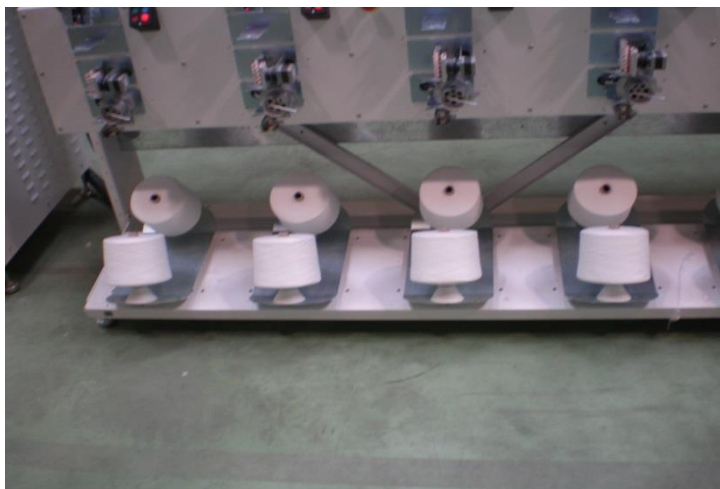


Figura 9 - Fio cru preparado para ser bobinado.

Para compreender o significado das representações dos produtos existentes na secção de tingimento, há a necessidade de classificar os fios, pois existem diferenças entre os mesmos. Foi deste modo, criada uma forma de expressar o diâmetro do fio, que ficou conhecido como “titulação” de fios ou “numeração” de produtos de fiação.

Neste caso, os três primeiros produtos presentes na lista acima (30/2,40/2 e 50/2), são chamados de fios retorcidos, pois são formados por dois ou mais fios (ou cabos), os quais foram retorcidos entre si. O título do fio é representado seguido de uma barra (/), acompanhada pelo número de cabos que formam o fio.

Os outros tipos de fios encontram-se representados através da nomenclatura dtex. O título Tex de um fio é igual ao peso em gramas de mil metros de fio. Esta representação é a recomendada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI).

O decitex (dtex) é um submúltiplo do grupo tex, assim desta forma pode afirmar-se que:

- 1 Dtex=0,1tex que por sua vez é igual ao peso de dez mil metros por grama de fio.

No sistema métrico, o título métrico é representado através do símbolo (Nm), este é igual ao número de meadas de mil metros cada, necessárias para obter um peso de mil gramas, a título de exemplo um fio com 30 Nm possui trinta metros em um grama.

5.5 Funções dos Principais Equipamentos

O pavilhão do tingimento de fio é constituído por uma bobinadeira que tem como função retirar as irregularidades do fio, como os pontos grossos e finos, esta bobinadeira possuiu 30 posições, podendo realizar 30 processamentos de bobinagem de uma só vez. Possuiu também uma programação para determinar a velocidade de bobinagem do fio, fazendo-o de forma automática, tendo depois uma passadeira onde se deslocam as bobines com fio já bobinado, até caírem num carrinho.

No caso das estantes, encontram-se posicionadas através de três bastidores com seis posições, e cada posição com 5 níveis em altura.

Na primeira posição encontram-se presentes as bobines para serem utilizadas na bobinadeira, onde se efetua o enrolamento do fio, ainda no bastidor C para a posição um, do nível um encontra-se o trabalho que foi rejeitado e que portanto precisa de ser retrabalhado.

Nas restantes posições encontram-se distribuídas as famílias de tipos de fio trabalhadas no local (figura 10).

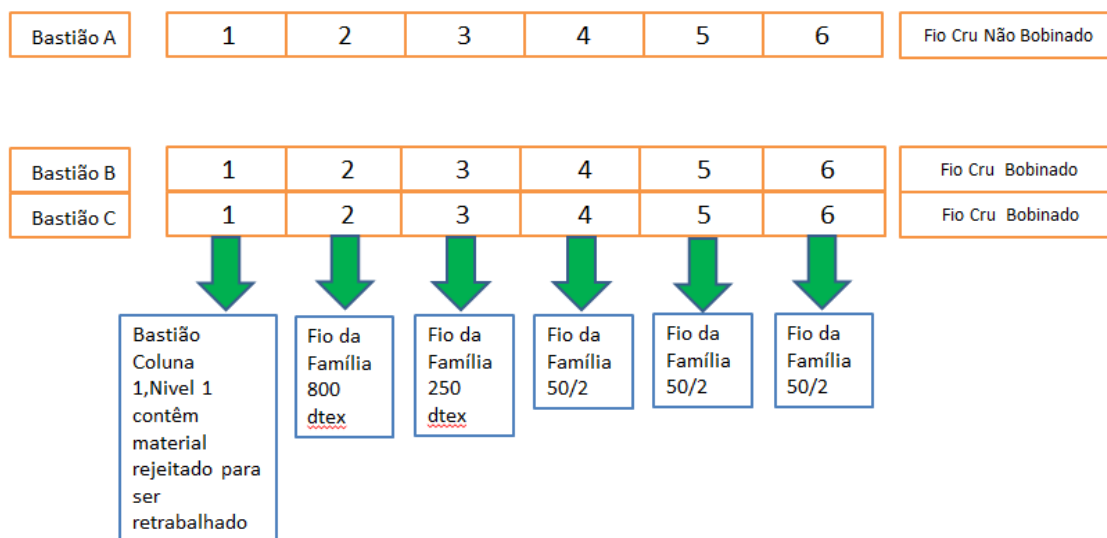


Figura 10 - Esquema das Estantes no pavilhão de tingimento.

Por sua vez, a prensa tem como função prensar os cones de fio bobinado colocados nos porta-materiais.

A máquina de tingimento realiza um processo químico da modificação da cor da fibra têxtil, através da aplicação de matérias coradas. E, por último, a máquina de secagem, com a finalidade de secar as bobines de fio previamente tingido.

Na figura 11 pode observar-se os principais componentes nesta secção de tingimento, enquanto o layout do pavilhão do tingimento pode ser encontrado na figura 12.



Figura 11 - Equipamentos na Secção de Tingimento

Tingimento de fio

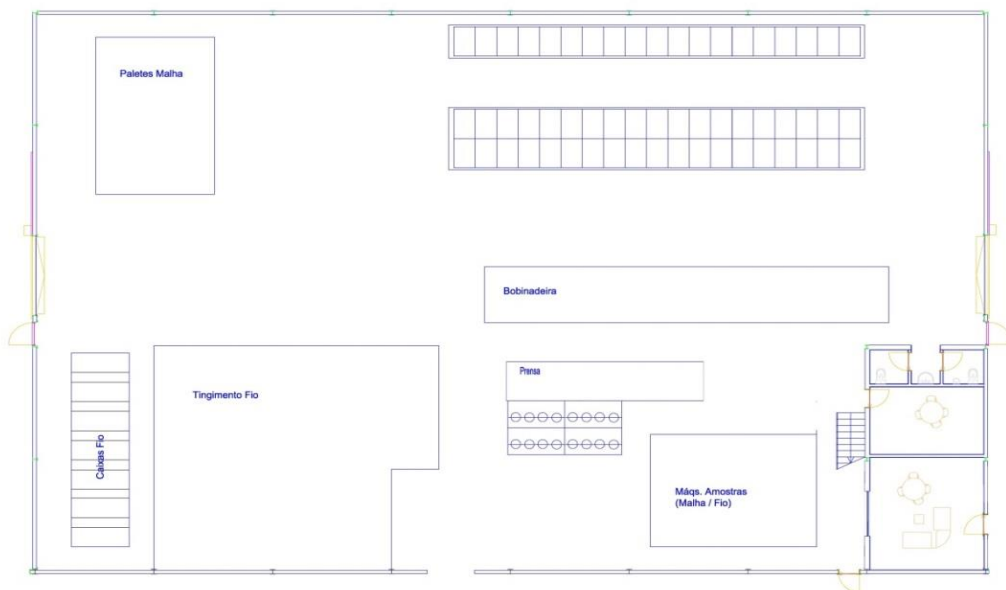


Figura 12 - Layout do Pavilhão de Tingimento.

5.6 Descrição do Processo Produtivo

Primeiramente, foi elaborado uma descrição do estado corrente do processo produtivo na secção de tingimento, através da visualização e do contato com o operador, bem como os movimentos por ele realizados.

Deste modo, foi efetuado um esquema que ilustra os movimentos por ele realizados (figura 13), sendo o estado atual do processo produtivo descrito da seguinte forma:

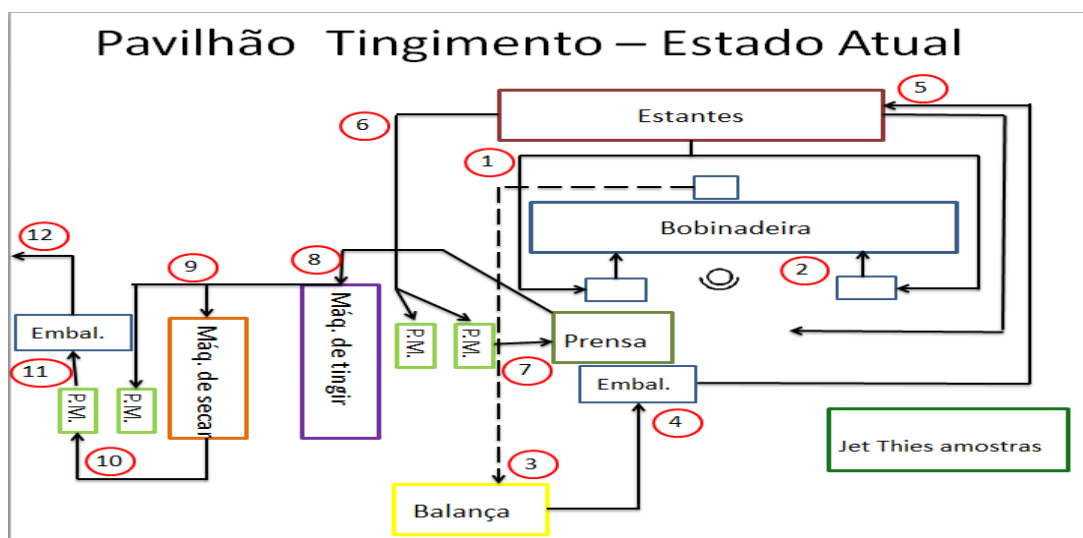


Figura 13 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado atual no pavilhão de tingimento.

Tem como primeiro passo o pedido de fio ao armazém de matéria-prima, consoante o número de metros pretendido. As bobines de fio em paletes são colocadas no bastião A, a partir deste momento são realizados os seguintes movimentos pelo operador:

- 1- As paletes de fio são retiradas, com a ajuda de um empilhador, para num local próximo da bobinadeira.
- 2- São colocadas as bobines de fio na bobinadeira, esta é programada consoante o tipo de fio a bobinar, procede-se então a bobinagem do fio.
- 3- O fio bobinado cai para um carrinho (figura 14), com a tara já anotada. De seguida, o operador desloca o carrinho para ser pesado numa balança localizada noutra secção, percorrendo cerca de 100 metros. Realiza-se a pesagem tomando nota do peso. De notar também que a balança nem sempre se encontra disponível para efetuar a pesagem imediata, pois muitas vezes tem de ficar à espera que se realizem outras pesagens.



Figura 14 - Vista da bobinadeira com carrinho.

- 4- Efetuada a pesagem, será anotado no cartão *kanban* que acompanha sempre o produto, é feito o embalamento do produto, com o número de bobines, e o peso do fio.
- 5- O produto embalado é colocado na respetiva estante correspondente à sua “família”.
- 6- Quando uma determinada paleta de fio é requisitado para ser tingido, este é deslocado até aos porta-materiais juntos da máquina de tingimento, onde são colocadas as bobines de fio bobinado, dentro dos porta-materiais (figura 15).



Figura 15 - Bobines de fio colocadas dentro dos porta-materiais.

- 7- O porta- material é colocado na prensa e procede-se a prensagem do material.
- 8- Os porta-materiais são colocados dentro da máquina de tingimento, executando-se o tingimento das bobines de fio.
- 9- Como a máquina de secagem tem apenas espaço para um porta-material, um dos porta-materiais vindos da máquina de tingir fica à espera.
- 10- O porta-material depois de sair da máquina de secagem necessita de ficar um tempo em repouso, com a finalidade de estabilizar a sua temperatura.
- 11- Em seguida, o produto é embalado e devidamente identificado na caixa.
- 12- O produto embalado é enviado para o armazém de produto acabado, através do comboio logístico (*mizusumashi*).

Ao visualizar o esquema representado na figura 13, pode constatar-se que existem demasiados movimentos com muitos cruzamentos, que prejudicam de forma evidente o processo produtivo, não trazendo valor acrescentado ao produto e comprometendo a produtividade.

O facto de a balança estar localizada noutra setor, faz com que o operador tenha de fazer uma longa deslocação, tendo de esperar que se realizem outras pesagens, perdendo tempo desnecessariamente.

Por outro lado, como a prensa, não se encontra presa ao chão, será fácil deslocá-la para um sítio que seja mais próximo das estantes, onde se encontra o produto já bobinado.

5.7 Propostas para um Estado Futuro

Deste modo, o passo seguinte foi criar estado futuro do pavilhão de tingimento, por forma a facilitar os deslocamentos efetuados pelo operador (figura 16).

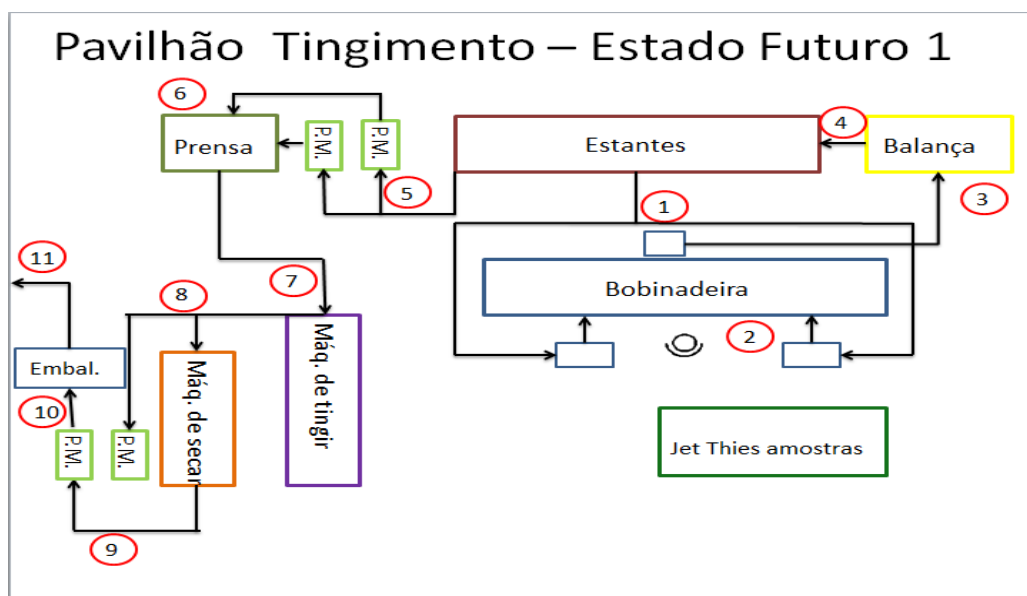


Figura 16 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado futuro (possibilidade nº1) no pavilhão de tingimento.

Nesta representação esquemática de melhoria, através da implementação do estado futuro, verifica-se uma clara melhoria, relativamente aos movimentos realizados pelo operador.

Assim, uma balança foi deslocada para este pavilhão, diminuindo os deslocamentos realizados, é de realçar que este recurso não trouxe nenhum custo acrescido à empresa, já que fazia parte do seu património. A balança foi posicionada junto às estantes e perto da bobinadeira, diminuindo de forma considerável as distancias a efetuar.

Por outro lado, os porta-materiais e a prensa foram deslocados também para mais perto das estantes, de modo a que facilitem a deslocação dos fios já bobinados, realizando o menor movimento possível.

Ainda foi, igualmente, sugerida uma segunda proposta de melhoria, com uma ligeira alteração (figura 17).

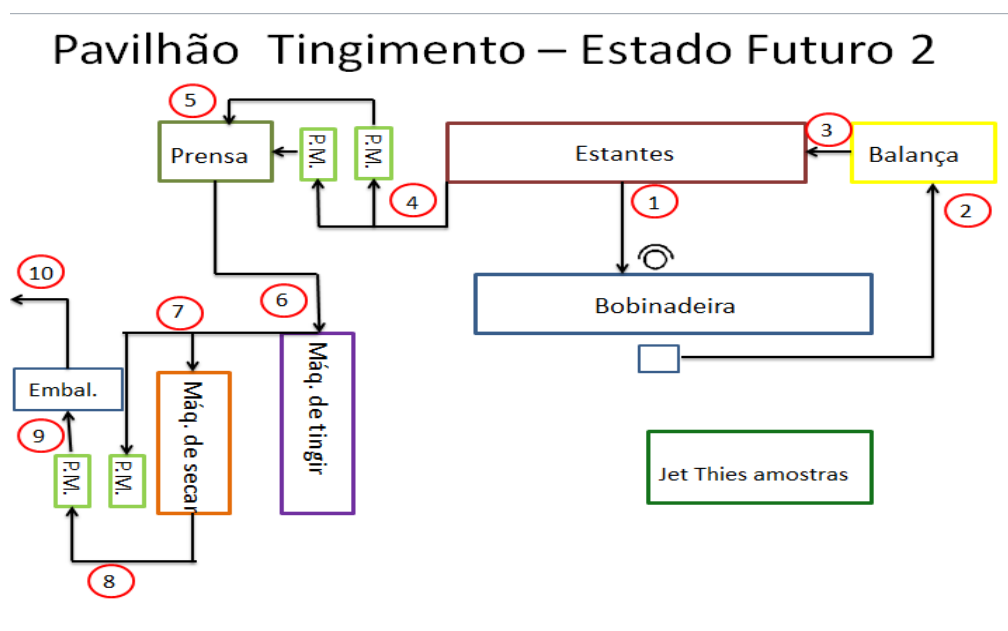


Figura 17 - Representação esquemática dos movimentos do processo produtivo do estado futuro (possibilidade nº2) no pavilhão de tingimento.

Esta segunda possibilidade apresenta apenas a rotação da bobinadeira, passando o operador a trabalhar de costas para as estantes, realizando um menor deslocamento até às mesmas. No entanto, seria necessário um maior deslocamento do carrinho até à balança.

Ambas as possibilidades apresentam claras vantagens em relação ao estado inicial. Como esta segunda possibilidade não acrescenta muitos grandes benefícios relativamente à primeira hipótese. Acabou, por se optar pela primeira possibilidade proposta.

5.8 Ponto de Estrangulamento ou *Bottleneck*

Após a realização da alteração do *layout*, procurou-se que todas as operações existentes, fossem sequenciadas e estivessem equilibradas, em termos de tempo de execução, de modo a que se evitassem os *stocks* intermédios (WIP) e tempos de paragem.

Para o efeito, foi feita uma anotação dos tempos de processamento da bobinadeira, da máquina de tingimento e da máquina de secagem, de forma a permitir o cálculo da capacidade produtiva dessas máquinas a fim de determinar o *bottleneck*.

Deste modo, tendo em conta que a bobinadeira tem 30 posições, onde são utilizados dois tipos de cones, um mais pequeno de 16 cm e outro maior de 29 cm.

O cone de 16 cm é aplicado nos produtos 30/2,40/2 e 50/2, enquanto por sua vez o cone de 29 cm é aplicado nas famílias dos produtos 250 dtex e 800 dtex.

Como cada família de fio tem uma diferente designação, possuindo assim diferentes valores quanto ao seu peso e dimensão.

Os tempos que demoram a bobinar serão diferentes, tendo em conta que ao fazer a programação da bobinadeira ter-se-á que se adequar um determinado tipo de velocidade a bobinar, consoante o tipo de fio que é utilizado.

Assim as posições utilizadas para a produção de cada família de produto estão presentes na seguinte tabela.

Tabela 1 - Nº de Posições utilizadas pela bobinadeira por família de fio

Família de fio	30/2	40/2	50/2	250 dtex	800 dtex
Nº Posições Bobinadeira	25	25	25	5	5

A máquina de tingimento tem espaço para dois porta-materiais, contendo 260 bobines de fio no total para o caso dos produtos 30/2, 40/2 e 50/2, por outro lado para os produtos 250 dtex e 800 dtex contêm 120 bobines de fio.

A operação de tingir o fio demora cerca de sete horas para cores claras e oito horas para cores mais escuras.

Na máquina de secagem a quantidade de bobines de fio a secar é no total de 130 para os produtos 30/2, 40/2 e 50/2, sendo para os produtos 250 dtex e 800 dtex um total de 60 bobines de fio. Este processo demora cerca de 45 minutos para cores mais claras e 50 minutos para cores mais escuras.

Foi feita uma análise verificando a quantidade de fio que era recebido em média por dia, bem como a respetiva velocidade a que a bobinadeira está programada e o peso por bobine, para cada tipo de família de fio.

Tabela 2 - Quantidade diária, velocidade da bobinadeira e peso por tipo de fio.

Tipo Fio	Nm	250 dtex	800 dtex
Quantidade (kg/dia)	1500	1500	1500
Velocidade da Bobinadeira (mt/bob)	900	1200	1000
Peso bobine (g/bob)	1400	2500	3700

Através, dos dados das tabelas 1 e 2, efetuaram-se os cálculos por forma a obter a capacidade de produção da bobinadeira.

Para realizar os cálculos por forma a obter a capacidade de produção da bobinadeira foram respeitados os seguintes passos:

1. Primeiramente, a conversão para unidade internacional (Nm) em metros por grama, para tal foi necessário no caso dos produtos, 30/2,40/2 e 50/2, fazer a divisão por dois. Para converter da unidade de dtex para Nm foi necessário a título de exemplo:

$$10000/250=40 \text{ metros por grama.}$$

2. De seguida, calculou-se o tempo que é necessário para produzir uma bobine:

$$\text{Tempo produção de uma bobine (min)} = Nm * \frac{\text{Velocidade da Bobinadeira}}{\text{Peso bobine}}$$

3. Determinou-se ainda a capacidade de produção da bobinadeira, em bobines por dia, num total 20 horas, e para o número de posições da bobinadeira, presente na tabela 1.

4. Calculou-se o número de metros existentes por bobine para cada família de fio.

$$N^{\circ} \text{ de metros de fio por bobine(m)} = Nm * \text{Peso bobine}$$

5. Por fim, foi calculada a capacidade de metros por hora da bobinadeira.

$$\text{Capacidade (m/h)} = \frac{1}{N^{\circ} \text{ horas/bobine}} * N^{\circ} \text{ de posições bobinadeira} * N^{\circ} \text{ metros por bobine}$$

Assim, na tabela 3 surgiram os seguintes resultados:

Tabela 3 - Capacidade da produção da Bobinadeira

Famílias de Fio	Bobinadeira				
	30/2	40/2	50/2	250 dtex	800 dtex
Nm (m/g)	15,0	20	25	40,0	12,5
Tempo Produção de uma bobine (min)	23,3	31,1	38,9	83,3	46,3
Horas/bob	0,4	0,5	0,6	1,4	0,8
Horas/dia	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Capacidade (bobine) /dia	1285,7	964,3	771,4	72,0	129,7
Nº de Metros/bobine	21000	28000	35000	100000	46250
Capacidade (m) / hora	1350000	1350000	1350000	360000	300000

Sabendo a quantidade de metro por bobine existente para cada tipo de família de fio é possível calcular a capacidade de produção da máquina através da seguinte fórmula:

$$Capacidade(m/h) = n^{\circ} \text{ de bobines} * \frac{Duração \text{ do processo}}{Quantidade (m/bobine)}$$

Na tabela 4, foram determinadas as diferentes capacidades de produção na máquina de tingimento, relativamente às cores escuras e claras.

Tabela 4 - Capacidade de produção na Máquina de Tingimento

Famílias de Fio	Tingimento				
	30/2	40/2	50/2	250 dtex	800 dtex
Capacidade (m) /hora (cores escuras)	682500	910000,0	1137500	1500000	693750
Capacidade (m) /hora (cores claras)	780000	1040000	1300000	1714286	792857

Na tabela 5, podemos visualizar os cálculos obtidos no que respeita ao processo de secagem.

Tabela 5 - Capacidade de produção na Máquina de Secagem

Famílias de Fio	Secagem				
	30/2	40/2	50/2	250 dtex	800 dtex
Capacidade (m) por hora (cores escuras)	3276000	4368000	5460000	7200000	3330000
Capacidade (m) por hora (cores claras)	3640000	4853333	6066667	8000000	3700000

Por último, foi construída uma tabela de forma a comparar as diferentes capacidades de produção das máquinas com a intenção de encontrar o *bottleneck* ou gargalo da produção.

Tabela 6 - Capacidade de Produção Máxima por Máquina

Famílias de Fio	2/30	2/40	2/50	250 dtex	800 dtex
Bobinadeira	1350000	1350000	1350000	360000	300000
Máquina de Tingimento (cores escuras)	682500	910000	1137500	1500000	693750
Máquina de Tingimento (cores claras)	780000	1040000	1300000	1714286	792857
Máquina de Secagem (cores escuras)	3276000	4368000	5460000	7200000	3330000
Máquina de Secagem (cores claras)	3640000	4853333	6066667	8000000	3700000

Através da tabela acima apresentada, pode concluir-se que o *bottleneck* existente na seção de tingimento, se encontra na máquina de tingimento para as famílias dos produtos 30/2, 40/2 e 50/2, e na bobinadeira, para os produtos 250 dtex e 800 dtex. Sendo a bobinadeira a máquina que demora mais tempo a efetuar o seu processo produtivo, isso conduz a que existam demasiados *stocks* intermédios (WIP) para as famílias desses produtos.

Sendo assim, há a necessidade de encontrar procedimentos que visem esta diminuição de *stocks* intermédios, permitindo, desta forma, que a produção seja fluida e o mais nivelada possível.

A solução passa por minimizar os efeitos do *bottleneck* encontrado, uma vez que o investimento em equipamentos novos se mostraria demasiado dispendioso.

Com efeito, pode-se diminuir a utilização do número de posições da bobinadeira no caso dos produtos com as famílias 30/2, 40/2 e 50/2 e aumentar o número de posições no caso dos produtos 250 dtex e 800 dtex, ajustando para um nível de produção próximo do da máquina de tingimento.

Outra solução poderá passar por aumentar o número de turnos a trabalhar na máquina de tingimento e bobinadeira, para as famílias de produtos com menor níveis produtivos.

Capítulo 6

Conclusões

6. Conclusões

Na realização deste trabalho foi implementada a metodologia baseada *no lean manufacturing*. Deste modo, verifica-se a importância que pode ter um *layout* mal executado e a importância que tem a economia de movimentos num determinado processo fabril. Conclui-se que os excessos de movimentos de material não acrescentam qualquer valor ao produto final.

Com a reorganização do *layout*, otimizaram-se os espaços existentes nesta secção e a distância percorrida pelo operador, não precisando de fazer deslocações a outro setor só para pesar uma determinada quantidade de bobines de fio bobinado.

O trabalho desenvolvido revela igualmente que o projeto de *layout* não se restringe a uma mera aproximação dos equipamentos, reduzindo pura e simplesmente a movimentação. Existem também diversos fatores que a mudança de *layout* influencia e que devem ser tidos em consideração durante a realização do projeto de fábrica.

Um *layout* mal executado pode, à partida, resultar em ineficiências de produção, obrigando posteriormente a que se modifique, o que implica sempre custos acrescidos. Por isso, é importante, no início, criar um *layout* adaptado aos objetivos que determinada organização visa atingir.

Foi calculada a capacidade de produtividade das máquinas instaladas no setor de tingimento. Através dos resultados obtidos pôde constatar-se que é possível e desejável articular o seu processo produtivo para que não haja desperdícios, quer a nível de tempo, quer a nível da acumulação de *stocks*. A importância na identificação do *bottleneck*, ou seja, o ponto de estrangulamento do sistema produtivo, permite criar uma produção que seja o mais fluida possível e mais nivelada.

Com estas modificações introduzidas no *layout*, a empresa ganha benefícios, reduzindo o investimento inicial ao restringir ao mínimo a compra de matéria-prima, adquirindo só a quantidade necessária.

Esta metodologia pode igualmente ser utilizada e aplicada a outros casos, a diferentes ambientes industriais, com resultados que podem ser muito proveitosos para as empresas.

Capítulo 7

Bibliografia

7. Bibliografia

- Carravilla, A. (1998). "Layouts Balanceamento de linhas". Universidade do Porto.
- Chase, R., Jacobs, F., Aquilano, N. (2006). " *Operations Management for Competitive Advantage* ". The McGraw-Hill Companies. EUA.
- Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., Pillet, M. (2007). " Gestão da Produção: Para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante". Lidel. Lisboa.
- Feld, W. (2000). " Lean Manufacturing Tools, Techniques, and How to Use Them". St. Lucie Press. Florida, EUA.
- Ghinato, P. (2000), "Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações, UFPE, Recife.
- Krajewski, L. e Ritzman, L. (2002). "Operations Management". Prentice Hall. EUA.
- Liker, J., Meier, D. (2006), " *The Toyota Way Fieldbook* ", McGraw-Hill, Nova Iorque.
- Melton, T., (2005), " *The Benefits of Lean Manufacturing - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries* ", Institution of Chemical Engineers, Glasgow.
- Monden, Y. (1983) , "Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time". Institute of Industrial Engineers .Japão.
- Ohno, T. (1988), "O Sistema Toyota de Produção", Bookman, São Paulo.
- Pinto, J. (2008), " *Lean Thinking. Introdução ao pensamento magro* ". Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. (2009), "Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras", Lidel, Lisboa.
- Ribeiro, J. e Roldão, V. (2007). " Gestão das Operações. Uma abordagem integrada". Monitor. Lisboa - Portugal.

Rother, M. e Shook, J. (1999). “*Learning to See - Value Stream Mapping to create value and eliminate muda* (Versão 1.2 ed.)”. The Lean Enterprise Institute. Brookline, Massachusetts, EUA.

Russel,R. e Taylor,B. (2011). “ Operations Management: Creating Value Along The Supply Chain”. John Wiley and Sons. EUA.

Shingo,S. (1989),“A study of the Toyota Production System from a industrial engineering viewpoint”, Productivity Press. Cambridge.

Singh,R. (2006). “ Introduction to Basic Manufacturing Process and Workshop Technology”. New Age International Publishers. India, Nova Deli.

Slack,N. , Chambers,N. e Johnston,R. (2010). “Operations Management”. Pearson Education Limited. Inglaterra.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990), “ *The Machine That Changed The World*”, Ramson Associates -Macmilkin Publishing Company, Nova Iorque.

Womack, J.P., Jones,D.T. (1996), “*Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*”, Free Press, Nova Iorque.

Womack, J.P., Jones,D.T. (2002), “*Seeing the Whole Mapping the Extended Value Stream*”, The Lean Enterprise Institute.Brookline. Massachusetts,EUA.

“Título (têxtil) ”, [http://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADtulo_\(t%C3%AAtil\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADtulo_(t%C3%AAtil)), visitado em Abril 2013.