



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Engenharia

Desenvolvimento de uma ferramenta de suporte à implementação do *Lean Manufacturing* em ambientes de produção intermitentes

Tiago Jorge Almeida Ferreira

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

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos
Co-orientador: Prof. Doutora Susana Maria P. Garrido Azevedo

Covilhã, Junho de 2011

Dedicatória

Aos meus pais.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos e Prof^a. Doutora Susana Maria P. Garrido Azevedo, pela ajuda, dedicação e disponibilidade.

À empresa, pelas óptimas condições de trabalho concedidas para poder terminar o mestrado, e pela abertura e disponibilização de informação sem a qual não teria sido possível desenvolver este trabalho.

Aos meus pais que tanto acreditaram em mim e nunca mediram forças para que eu conseguisse alcançar este patamar na minha vida.

Ao meu irmão e à minha cunhada pelas palavras de incentivo e total disponibilidade.

À minha namorada Patrícia, pela motivação e incansável apoio nas horas menos boas, pelo exemplo de trabalho e dedicação.

Aos meus amigos de sempre, em particular ao Gonçalo e aos Tiagos pelo apoio, incentivo e por continuarem presentes ao longo destes anos.

Resumo

A conjuntura em que vivemos exige por parte das organizações, a adopção de modelos de gestão mais eficientes que permitam o aumento da competitividade em todas as áreas. Neste campo a filosofia *Lean*, em particular o *Lean Manufacturing*, tem demonstrado ser um paradigma de gestão extremamente poderoso.

No entanto, a filosofia *Lean*, quando aplicada de forma incorrecta, pode acabar por se revelar um fracasso para as organizações. Nesse sentido existem vários factores que podem condicionar o correcto desenvolvimento do *Lean Manufacturing* dentro dessas, entre os quais se destacam i) Falta de comprometimento por parte da gestão de topo; ii) Falta de colaboradores qualificados e formados neste paradigma; iii) Falta de orientação na aplicação de ferramentas e metodologia do *Lean Manufacturing*.

A pesquisa efectuada demonstra que ao longo dos últimos anos têm sido desenvolvidas ferramentas no seio do *Lean Manufacturing*, relacionando-o com os diferentes tipos de ambientes industriais. Contudo, constata por forma a que todas as suas potencialidades e vantagens sejam alcançadas.

Face ao exposto, este trabalho sugere uma ferramenta para implementação do *Lean Manufacturing* em ambientes industriais, em particular o *intermitente*.

De forma sucinta, apresenta-se a aplicação da ferramenta desenvolvida a um estudo de caso.

Palavras-chave

Lean Manufacturing, filosofia Lean, ambientes intermitentes, ferramenta de aplicação, estudo de caso.

Abstract

The more demanded environment faced by organizations request the adoption of more efficient management models and practices in order to increase their competitiveness. In this context, Lean philosophy, in particular Lean Manufacturing has proven to be an extremely powerful management paradigm.

However, the Lean philosophy when is applied incorrectly may turn out to be a failure for the organizations. In this sense there are several factors that can hamper the correct development of Lean Manufacturing within organizations such as i) Lack of commitment by top management; ii) Lack of qualified and graduates employees without know how on this paradigm; iii) Lack of guidance on application of tools and methodology of Lean Manufacturing.

This research shows that over the past few years, tools have been developed within Lean Manufacturing relating it to different types of industrial environments. However, guidelines for implementing this paradigm “step-by-step” is missing.

Thus, this master research suggests a framework for implementing the Lean Manufacturing in industrial environments, in particular, Job-shop.

The proposed framework to the implementation of Lean Manufacturing is explored and deployed in a case study belonging to the automotive industry.

Keywords

Lean Manufacturing, Lean Philosophy, framework, job shop, case study.

Índice

Capítulo 1: Enquadramento

1. Enquadramento	2
1.1. Objectivos.....	4
1.2. Estrutura do trabalho	5

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

2. Revisão bibliográfica	7
2.1. Tipologias de produção	7
2.1.1. Classificação do sistema produtivo segundo os seus fluxos	7
2.2. Lean Manufacturing	9
2.2.1. Principais características do Lean Manufacturing	9
2.2.2. Aplicação do Lean Manufacturing em ambientes industriais	13
2.2.2.1 Estado da arte - Lean Manufacturing em processos produtivos	14

Capítulo 3: Metodologia de Investigação

3. Metodologia de investigação	18
--------------------------------------	----

Capítulo 4: Ferramenta de Suporte à aplicação do Lean Manufacturing

4. Proposta de uma ferramenta de suporte à aplicação do Lean Manufacturing a ambientes produtivos intermitentes	20
4.1. Análise dos produtos	21
4.2. Análise do estado actual	22
4.3. Meios a aplicar	26
4.4. Estado futuro	27
4.5. Aplicar estado futuro	27

Capítulo 5: Aplicação da Ferramenta Proposta

5. Aplicação da ferramenta proposta a um estudo de caso	29
5.1. Caracterização da empresa	29
5.2. Práticas Lean na empresa	30
5.3. Análise dos produtos	32
5.4. Análise do estado actual	34
5.5. Meios a aplicar	40
5.6. Estado futuro	42
5.7. Aplicar estado futuro	44

Capítulo 6: Conclusões

6. Conclusões	46
---------------------	----

Referências Bibliográficas	49
----------------------------------	----

Lista de Figuras

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

Figura 1 - Desperdícios vs Valor acrescentado..... 10

Figura 2 - Casa do Toyota Production System 11

Capítulo 3: Metodologia de Investigação

Figura 3 - Design da investigação 18

Capítulo 4: Ferramenta de Suporte à Aplicação do Lean Manufacturing

Figura 4 - Fluxograma da ferramenta desenvolvida 20

Figura 5 - Ícones VSM..... 24

Capítulo 5: Aplicação da Ferramenta Proposta

Figura 6 - Layout da fábrica com zonas de produção diferenciadas..... 30

Figura 7 - Gráfico de Pareto, relação volume de vendas por percentagem de produtos 32

Figura 8 - Fluxograma do Produto J 34

Figura 9 - Diagrama de Esparguete Produto J 36

Figura 10 - VSM, Mapa do estado actual 38

Figura 11 - Gráfico PPMs Linha de Pintura 39

Figura 12 - VSM, Oportunidades de melhoria 41

Figura 13 - VSM, Estado futuro 43

Lista de Tabelas

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

Tabela 1 - Matriz de classificação para processos produtivos 15

Capítulo 4: Ferramenta de Suporte à aplicação do Lean Manufacturing

Tabela 2 - Matriz de relação Desperdícios / Ferramentas..... 26

Capítulo 5: Aplicação da Ferramenta Proposta

Tabela 3 - Principais características da empresa 29

Tabela 4 - Relação volume de vendas com acumulado de vendas 33

Lista de Acrónimos

5s	Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke
CT	Cicle Time
FAW	Firt Automobile Works
FIFO	First In First Out
JS	Job Shop
JIT	Just in time
LM	Lean Manufacturing
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OEM	Original Equipment Manufacturer
PPM	Parts Per Million
SMED	Single Minute Exchange of Die
SW	Standardized Work
TPM	Total Preventive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TT	Takt Time
TVA	Tempo de Valor Acrescentado
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work In Process

Capítulo 1

Enquadramento

1. Enquadramento

A sobrevivência e o desenvolvimento sustentável das empresas têm sido conseguidos pela criação e aplicação de modelos de gestão inovadores, sendo que dentro destes podemos destacar a filosofia *Lean* como paradigma de gestão. Esta filosofia foi desenvolvida e aplicada inicialmente, com grande sucesso, no seio da indústria automóvel nipónica, tendo-se generalizado a partir daí a outros sectores industriais e ultimamente aos serviços. Contudo, no caso particular da indústria, o grau de complexidade quanto à aplicação da filosofia *Lean* varia dependendo de inúmeros factores, desde a cultura, tipos de produção, entre outros.

Organizações com processos de produção complexos, como o intermitente, revelam ter um grau de dificuldade acrescido na implementação do *Lean Manufacturing* (LM). Pelo que foi observado, e do conhecimento que se tem das diferentes indústrias, uma barreira que se destaca é a falta de uma ferramenta orientadora quanto à sua forma de implementação. A falta de uma metodologia que ajude a estruturar e a implementar uma abordagem *Lean* neste tipo de ambiente industrial apresenta-se como uma barreira à sua aplicação. Uma das dificuldades observadas foi a de não se saber onde aplicar uma política de melhoria contínua, e as demais ferramentas do LM, até porque dados os diferentes fluxos, processos e produtos torna-se evidente e necessário que haja inicialmente foco numa destas partes. Claro que, a par disto, deve existir o plano de formação, educação e de disciplina dos demais colaboradores no sentido de ensinar a filosofia *Lean*. Desta forma, este sector demonstra a necessidade de uma metodologia que oriente na aplicação do LM. O LM é muito mais do que a correcta aplicação das diferentes ferramentas como foi observado durante a elaboração do trabalho, contudo, e a par disso também constatamos que uma das razões para o fracasso é a falta de orientação por parte da indústria no que toca à aplicação do LM.

As últimas três décadas têm sido caracterizadas por profundas alterações na forma como as empresas se organizam. Estas alterações devem-se a diferentes factores, de entre os quais se podem referir a mudança dos padrões de consumo, a crescente abertura dos mercados e a livre concorrência. Também o desenvolvimento e expansão de novas tecnologias de informação têm permitido aos consumidores um acesso fácil e abundante a informação sobre produtos e serviços. O resultado tem sido uma proliferação e diversificação da oferta (Büyüközkan and Dereli, 2007; Stock et al., 2000).

Este conjunto de factores obrigaram as empresas, em particular as portuguesas, que na generalidade até aos anos 80 se caracterizavam por um tipo de produção em massa, assente em mão de obra barata, a fragmentar e diversificar a sua produção. O resultado foi uma redução na dimensão dos seus lotes de produção, a diversificação dos produtos e o encurtamento dos prazos de entrega. Pode-se falar numa transição de um ambiente onde o fluxo de produção predominante era a produção em massa para outras formas de organização quanto ao fluxo de produção nomeadamente o intermitente.

As alterações referidas no parágrafo anterior exigiram das empresas uma maior flexibilidade e agilidade o que resultou numa alteração significativa dos paradigmas de gestão seguidos até então. As empresas têm agora actividades à escala mundial o que exige uma postura diferente, vendo-se obrigadas a olhar para a sua cadeia de valor de outra forma, integrando as diferentes partes, colaborando com todos os parceiros de negócio (Büyüközkan and Dereli, 2007; Stock et al., 2000) desde o fornecedor de 3º nível ao consumidor final, o que compreende relações complexas (Wisner and Tan, 2000).

As organizações foram induzidas a produzir artigos com um maior valor acrescentado, contudo estes mercados são caracterizados por uma maior exigência, vendo-se as empresas muitas vezes confrontadas com a incapacidade de responder às acrescidas exigências, seja por falta de recurso ou de organização. Para dar resposta e ultrapassar estas incapacidades, tem sido necessário repensar e reestruturar processos, tentando eliminar desperdícios que se traduzem em actividades que não agregam valor aos produtos ou serviços. As empresas procuram desta forma responder às exigências dos mercados trabalhando para manterem a maior estabilidade possível internamente (Van Hoek, 2001). Estas estão, assim, confrontadas com a necessidade de se flexibilizarem de forma a responder a uma produção cada vez mais fragmentada, onde a concorrência é elevada procurando rentabilizar o mais possível a sua actividade preocupando-se com a redução dos desperdícios.

Exemplo disso é a indústria automóvel, que é considerada uma referência no que diz respeito a níveis de produção, qualidade, emprego e por adoptar modelos de gestão inovadores. As medidas que têm vindo a ser tomadas por esta indústria, nomeadamente pelos fornecedores de componentes têm ido ao encontro da redução dos custos sem nunca porem em causa a qualidade. Algumas dessas medidas têm passado pela análise do produto reduzindo custos mas aumentando simultaneamente o desempenho em termos de qualidade. Actualmente procura-se a perfeição no que respeita à qualidade dos componentes, considerando-se como referência 20 a 30 peças sem qualidade por milhão, *Parts Per Million* (PPM), enquanto há uma década o objectivo era de 1000 a 2000 por milhão (Barnes and Morris, 2008). Também na indústria automóvel a redução da dimensão dos lotes resultante da variação da procura e da crescente personalização dos produtos se fez sentir de forma significativa. Para fazer face a esta realidade adoptaram-se modelos de gestão inovadores, como o *Just-in-it* (JIT) que tem como intuito flexibilizar a produção e aumentar os níveis de qualidade, pois o incumprimento de prazos nesta indústria implica penalizações económicas consideráveis. A sustentabilidade ambiental, também acarretou um esforço acrescido de forma a salvaguardar um futuro sustentável. Neste âmbito, tem sido exigido a adequação à norma ISO 14001 que dita os parâmetros pelos quais as empresas se devem reger no sentido de não porem em causa o meio ambiente. (Barnes and Morris, 2008).

A globalização, para além das alterações nos padrões de comportamento dos mercados, condicionou também outro factor de significativa importância, o preço. Enquanto à algumas décadas o preço era imposto pelo produtor agora é ditado pelo mercado. Como consequência, de maneira a manterem margens que lhe permitam sobreviver, as empresas

vêm-se forçadas a concentrarem os seus esforços na redução de custos, na criação de valor como resultado da melhoria de qualidade, na responsabilização face aos clientes. Em síntese, o mercado global obrigou as empresas a produzir com maior qualidade diversificando a sua oferta, o que originou lotes de produção mais pequenos, no limite unitários, com prazos de entrega cada vez mais curtos, induzindo o surgimento de novos modelos organizacionais centrados na optimização de custos que passa em grande parte pela redução dos desperdícios que até então não eram vistos como tal.

Neste contexto, o objectivo principal deste trabalho é, de uma forma exploratória, analisar a aplicação da filosofia *Lean* num sistema de produção intermitente ou *Job shop* (JS).

Perante esta nova e complexa realidade, têm vindo a ser criados diferentes modelos de organização e de negócio. De entre todas as filosofias de gestão que se têm desenvolvido para responder às adversidades que as empresas enfrentam tem-se destacado a filosofia *Lean*, nomeadamente o LM que se refere à aplicação deste paradigma ao ambiente industrial. Este modelo desenvolvido na indústria automóvel Japonesa tem vindo a ser adoptado por outros sectores de actividade, como a indústria têxtil (Hodge et al., 2011), aeronáutica (Jurado et al., 2011), cuidados de saúde (Murphree et al., 2011), produção de máquinas (Rahman et al., 2010), agro-alimentar (Testa, 2010), electrónica (Jeyaraman and Teo, 2010), entre outras.

Esta filosofia tem recorrido a técnicas inovadoras como gestão visual das fábricas, implementação do controlo de qualidade na origem, assim como o desenvolvimento do sistema de produção JIT que, também este assenta em parte, na utilização de ferramentas do LM (Cooney, 2002). Estes novos modelos de organização assentes no *Lean* têm tido uma forte expansão também nos serviços e na saúde, pois esta nova conjuntura de elevada competitividade, liberalização dos mercados e de maior exigência do consumidor não está limitada à indústria mas também aos restantes sectores de actividade. Como consequência, têm vindo a ser desenvolvidos modelos de organização como o *Lean Service*, ou o *Lean Healthcare*.


1.1. Objectivos

Este trabalho tem como objectivo propor uma ferramenta de suporte à aplicação do *Lean Manufacturing* em ambientes industriais caracterizados por fluxos intermitentes. Neste sentido, a revisão de literatura realizada, a par da observação directa em algumas unidades industriais com estas características, levou a que cedo se constatasse que as dificuldades na aplicação da filosofia *Lean* se devem essencialmente a três grandes factores. O primeiro factor passa pela falta de comprometimento e conhecimento do paradigma de gestão *Lean*, por parte da gestão de topo, que muitas vezes não está sensibilizada para as dificuldades e para as grandes mudanças, que tem de submeter a organização para que se possa efectivamente conseguir uma organização *Lean*. A segunda é a falta de colaboradores formados e com conhecimentos para alavancar a implementação do LM. E a terceira, mas não

menos importante, é o facto de a aplicação do LM, em geral e em ambientes intermitentes em particular, carecer de uma metodologia que ajude à sua aplicação prática, que indique por onde começar e que caminho seguir. Dadas estas condicionantes, tornou-se pertinente desenvolver este trabalho para ir ao encontro do objectivo previamente definido.

1.2. Estrutura do trabalho

Com este trabalho, pretende-se apresentar o contexto a que as organizações têm estado expostas ao longo dos últimos anos, demonstrando a pertinência de se utilizarem ferramentas e paradigmas inovadores de gestão para vencer numa globalização cada vez mais feroz para os seus intervenientes. Assim, este trabalho faz uma revisão de literatura onde são apresentados os conceitos referentes aos processos produtivos e uma abordagem à filosofia *Lean*, enumerando e descrevendo os seus princípios e desperdícios. Ainda na revisão de literatura, são apresentadas algumas ferramentas auxiliares usadas e desenvolvidas no âmbito do LM. Posteriormente, é apresentada uma ferramenta de aplicação do LM em ambientes de produção intermitentes, com a descrição das suas fases e das técnicas a utilizar em cada uma delas. A ferramenta após ser explicada é apresentada sob a forma de um caso prático. Por fim apresentam-se as considerações finais.



Capítulo 2
Revisão
Bibliográfica

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Tipologias de Produção

A diversificação da produção, a par dos diferentes processos associados, é de tal forma numerosa que tem dificultado a sua classificação. Contudo de entre todas as classificações, há algumas que têm prevalecido: i) Classificação quanto ao tipo de produção; ii) Classificação quanto às características do produto; iii) Classificação quanto ao ambiente de produção; iv) Classificação quanto às características do fluxo produtivo.

Destas classificações, no âmbito deste trabalho, interessa destacar a classificação quanto às características do fluxo produtivo.

2.1.1. Classificação do sistema produtivo segundo os seus fluxos

É hoje consensual que os sistemas de produção discreta podem ser classificados, em função das características dos fluxos de produção dos componentes, nas seguintes categorias (Chase et al., 2006; Reid and Sanders, 2010; Russell and Taylor, 2011): (i) intermitente (JS), sendo que este é um ambiente de produção complexo, caracterizado pela existência de um elevado número de produtos em processo de fabrico conferindo-lhe inúmeros fluxos entre si. (ii) por lotes (*batch*), similar ao anterior, contudo a sequência de operações apresenta-se igual para todos os produtos, simplificando o fluxo dos materiais. (iii) em linha, que se subdivide em dois: produção em massa e produção contínua (*Flow shop; process shop*) são caracterizadas por grande lotes, pela sua eficiência, contudo também pela falta de flexibilidade na introdução de outros produtos.

A produção de pequenos lotes de uma grande variedade de produtos, em particular quando estes têm uma sequência de processos diferentes, tem a designação anglo-saxónica de *Job Shop* (JS). Neste ambiente os equipamentos são organizados em centros de trabalho de acordo com as suas características. Esta organização origina um fluxo complexo, onde pequenos lotes circulam entre vários centros de forma intermitente. O tipo de equipamentos confere ao processo uma enorme flexibilidade, tanto em relação à dimensão dos lotes mas também às mudanças de produto. Contudo este tipo de produção confere com frequência, elevadas taxas de ineficiência no fluxo de materiais, dificultando o controlo dos materiais em circulação, existências, sequenciamento de operações e o controlo de qualidade. Neste contexto produtivo, quando se trabalha junto da capacidade máxima, existe a tendência de um aumento acentuado nos stocks e do tempo de produção.

O ambiente intermitente, JS, é caracterizado por permitir diferentes ordens de fabrico com diferentes fluxos produtivos. Cada ordem de fabrico é constituída por um conjunto de

tarefas ou trabalhos que só podem ser processadas uma vez em cada máquina. Existem inúmeros constrangimentos quer ao nível das operações quer ao nível das máquinas, nomeadamente: i) a sequência pela qual as operações são processadas pode variar; ii) as operações não podem ser interrompidas e cada máquina não pode executar mais que uma operação em simultâneo; iii) cada operação não pode ser processada em mais que uma máquina em simultâneo.

Stevenson e tal., (2005) subdividem os ambientes intermitentes em: i) Ambiente intermitente puro, onde a sequência de operações é aleatória. Os trabalhos podem-se iniciar e terminar num centro de trabalho qualquer e circular livremente entre centros; ii) Ambiente intermitente geral onde o fluxo entre máquinas é multi-direccional, existindo no entanto um fluxo dominante (Stevenson et al., 2005).

O processo por lotes, *Batch Shop*, difere essencialmente do processo anterior pela forma como se processa a sequência de operações que neste caso é a mesma para todos os produtos.

Processo em linha, *Assembly Line*, distingue-se da produção por lote pela maior dimensão destes. Caracteriza-se também por ter uma sequência linear das operações com o objectivo de obter um só produto. Pode ainda subdividir-se a produção em: i) Linha de produção em massa - Muitas vezes também conhecidas por linhas de montagem como o caso da indústria automóvel. Neste ambiente os produtos movimentam-se de operação em operação com a sequência previamente definida que marca a cadência da linha. Estes postos de trabalho são meticulosamente equilibrados e analisados impedindo que qualquer operação a montante possa atrasar a operação a jusante; ii) Linha de fluxo contínuo - *Continuous Flow ou Flow Shop*, à imagem da produção em massa esta também segue uma sequência de passos determinada, contudo de forma contínua e discreta. Algumas destas estruturas são altamente automatizadas, constituídas por máquinas integradas operando em norma em produção contínua.

Tanto o fluxo produtivo em linha como em massa são altamente eficientes mas muito pouco flexíveis, em particular a produção em massa pois requer um elevado volume de produção para fazer face ao avultado investimento inicial. Nesta área, em particular na produção por fluxo contínuo tem-se apostado na flexibilização de equipamentos, recorrendo ao controlo informatizado, gestão visual, com o objectivo de reduzir ao máximo o tempo de mudança de produtos.

Neste sentido e como foi visto anteriormente, diferentes factores têm vindo a obrigar à diversificação e fragmentação da produção o que acentua a tendência das empresas evoluírem para sistemas de produção mais complexos como é o intermitente com o objectivo de flexibilizarem a sua produção.

2.2. *Lean Manufacturing*

2.2.1. Principais Características do Lean Manufacturing

O Sistema de Produção desenvolvido pela Toyota no seio da produção automóvel no Japão, *Toyota Production System* (TPS) é, de entre os modelos conhecidos, um dos mais eficientes na eliminação de desperdícios e na flexibilização da produção. Esta filosofia de trabalho desenvolvida teve um impacto de tal forma positivo que se veio a tornar um caso de estudo como modelo organizacional. O seu sucesso fez com que se espalhasse por todo o mundo, resultando numa metodologia que viria a ser designada “produção magra” ou o *Lean Manufacturing* (Chen and Meng, 2010).

Taiichi Ohno - criador do TPS, em português Sistema de Produção Toyota, apresenta-o como tendo por objectivo a eliminação do desperdício e o desenvolvimento de um modelo que vá de encontro às necessidades e expectativas dos clientes. Define desperdício como sendo qualquer actividade que consuma recursos e não acrescente valor (Matt, 2008; Ohno, 1988; Shahin and Janatyan, 2010). O LM surge assim como uma abordagem global de integração de diferentes ferramentas e metodologias direccionadas para uma produção de qualidade, indo ao encontro da satisfação dos clientes e da eliminação dos desperdícios (Braglia et al., 2006). Esta filosofia tem-se revelado líder entre os paradigmas de produção direccionados para a redução dos custos e para a rápida resposta aos clientes (Shahin and Janatyan, 2010).

A implementação da filosofia *Lean* exige um trabalho árduo ao longo do tempo através da combinação de práticas sinérgicas que se reforçam mutuamente, como o JIT, a *Total Preventive Maintenance* (TPM), *Kaizen* (melhoria contínua), a gestão de fornecedores e a gestão de recursos humanos respeitando os trabalhadores e mantendo organizações unidas e motivadas (Treville and Antonakis, 2006).

Segundo Womack e Jones (2003) esta filosofia assenta nos seguintes cinco princípios: (i) Especificar Valor, perceber o que é valor para o cliente nos produtos ou serviços; (ii) Definir cadeia de Valor, identificar o fluxo de valor para um produto específico ou para uma família de produtos ao longo da sua cadeia de valor, e eliminar actividades que não agregam valor ao cliente de maneira a que o produto ou serviço seja entregue ao cliente da forma mais eficiente; (iii) Fluxo contínuo. Criar um fluxo contínuo onde o produto ou serviço flua pelas actividades de valor acrescentado de modo a eliminar os lotes e as filas; (iv) Criar um sistema *pull*. Fazer com que seja o cliente a puxar a produção de modo a que tenha o que quer quando quer; (v) Procura da perfeição, esforço contínuo para a melhoria e remoção de desperdício, caminhando no sentido de atingir a perfeição, constante insatisfação (Woehrle and Abou-Shady, 2010).

Para além dos princípios referidos são também identificados sete fontes de desperdício: Sobreprodução, Espera, Transporte, Sobreprocessamento, Movimentos, Stock e Sucata (Narasimhan et al., 2007; Womack and Jones, 2003).

(i) Sobreprodução, ocorre quando se produz mais do que o que é necessário, estando-se assim a produzir para stock, gastando recursos na sua movimentação e controlo. (ii) Espera, refere-se à inactividade entre actividades decorrentes de atrasos a jusante. (iii) Transporte diz respeito ao movimento excessivo e desnecessário de materiais ou peças, como por exemplo o *Work-in-Process* (WIP) a ser transportado de uma operação para outra. Esta actividade sendo de difícil eliminação, deve ser minimizada pois não agrega valor e aumenta o risco do dano causado pelo manuseamento. (iv) Sobreprocessamento ocorre em operações como reprocessamento, retrabalho, causadas por processos deficientes, mal definidos ou falta de conhecimento dos colaboradores. (v) Movimentações desnecessárias quer dos colaboradores ou dos equipamentos antes, durante ou depois do processamento. (vi) Stock são todas as existências que não são necessárias para satisfazer as encomendas actuais do cliente, quer na forma de matérias-primas, trabalho em curso WIP, ou produto acabado. O stock esconde inúmeros problemas da organização como o planeamento e/ou processos deficientes. (vii) Sucata são todos os produtos ou serviços que não estejam em conformidade com o especificado com os clientes ou acordos estabelecidos, que resultam na necessidade de retrabalhos ou em peças não aproveitáveis (Hicks, 2007; Woehrle and Abou-Shady, 2010).

A Figura 1 ilustra dentro do *Lead Time*¹ (LT) a diferença entre o tempo gasto em desperdícios e o tempo gasto a agregar valor ao produto.

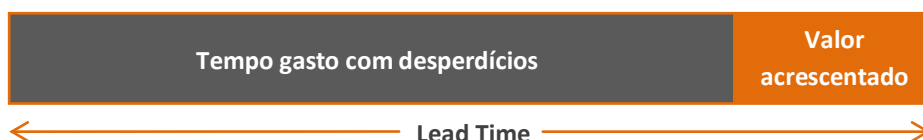


Figura 1 - Desperdícios vs Valor acrescentado.

Fonte: Adaptado de (Womack and Jones, 2003)

A implementação do LM passa por uma mudança de mentalidades na organização, a qual se deve centrar no desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua e na identificação e eliminação de desperdícios em todos os processos. É necessário envolver os colaboradores na implementação das melhorias e na resolução dos problemas. O respeito pelas pessoas, ser paciente e ter uma visão a longo prazo têm de ser forma de estar quando se pretende implementar o LM (Shahin and Janatyan, 2010).

¹ *Lead Time* - É o tempo total que um produto demora a percorrer o seu fluxo, desde que entra em matéria-prima e sai em produto acabado. (Singh, B., and Sharma, S. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. *Measuring Business Excellence* 13, 58-68.)

No âmbito desta filosofia diversas ferramentas e metodologias têm vindo a ser desenvolvidas as quais devem ser aplicadas durante a sua implementação. Para além das já referidas JIT, TPM e *Kaizen*, é necessário destacar as seguintes: *5'S*, *Poka-yoke*, *Standardized Work (SW)*, *Single-Minute Exchange of Die (SMED)*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *Heijunka*, *Kanban* (Singh and Sharma, 2009).

No âmbito das ferramentas e metodologias relacionadas com o LM, é pertinente contextualizar isto com a Casa do TPS (Figura 2).

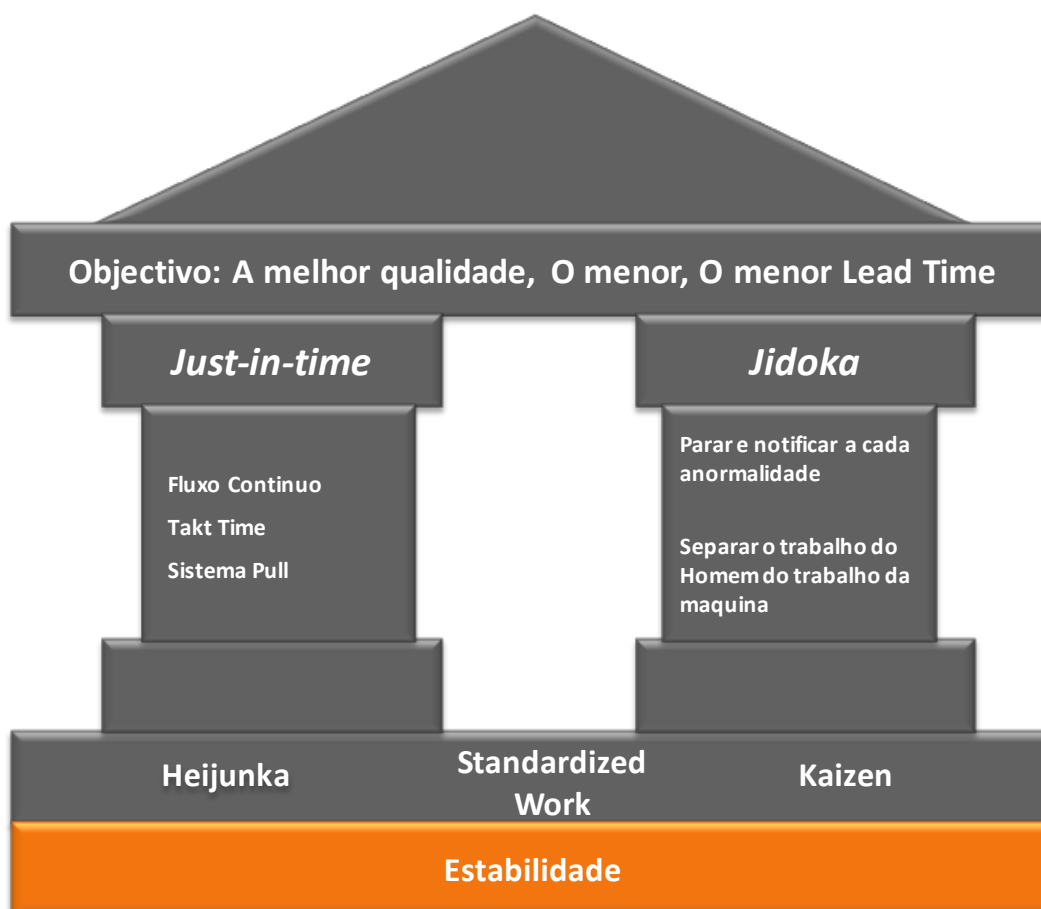


Figura 2 - Casa do Toyota Production System.

Fonte: (Shook and Marchwinski, 2003)

Uma das ferramentas mais utilizada é os *5's*: *Seiri*, *Seiton*, *Seisō*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (selecção, organização, limpeza, padronização e autodisciplina). Em norma esta é uma das primeiras ferramentas a ser usada na caminhada para a implementação do LM. Também uma das mais importantes pelo seu carácter educacional e disciplinar. Esta técnica direcciona para a limpeza, organização e identificação apenas do que é necessário nos postos de trabalho (Simmons et al., 2010).

Poka-yoke palavra japonesa que significa em português mecanismo anti-erro, tem como objectivo eliminar problemas associados com defeitos e erros das operações sem exigir atenção excessiva do operador. A utilização do *poka-yoke* pretende parar o processo assim que seja feito um erro ou pelo menos alertar para o mesmo com o fim de que este não passe para o processo seguinte (Suzaki, 2010).

O SMED prende-se com a troca rápida de ferramentas, permitindo que a máquina ou a célula de trabalho mude facilmente de um produto para outro. Esta ferramenta agiliza a produção adaptando-a a variações, tornando-se num suporte vital para a implementação de um sistema de produção *pull* (Emery et al., 2009).

Taiichi Ohno numa das suas célebres frases, “*Where there is no standard, there can be no kaizen*”, refere-se à padronização das actividades como sendo fundamental para um processo de melhoria contínua. O SW, trabalho padronizado tem como objectivo padronizar a produção de modo a que a mesma actividade seja feita da mesma maneira por todos os colaboradores, conseguindo-se diminuir a variabilidade dos processos, estabilizando a produção e reduzindo defeitos (Emiliani, 2008).

Kanban, apresenta-se como um sistema de gestão visual simples. Esta ferramenta permite o controlo tanto dos fluxos como dos stocks, produzindo apenas o que é pedido pelo cliente, quando e na quantidade necessária. Esta técnica vai ao encontro de uma produção que se deseje com um fluxo contínuo. A utilização do *Kanban*, reduz a dependência do planeamento da produção e das estimativas associadas, uma vez que esta técnica permite que se produza apenas o que é exigido no processo a jusante, reduzindo e eliminando stocks intermédios (Emery et al., 2009).

Womack e Jones (2003) definem VSM, mapeamento da cadeia de valor, como o processo de observação directa dos fluxos de informação e de materiais, resumindo-os visualmente e projectando o estado futuro (Seth and Gupta, 2005). Esta técnica desenvolvida dentro do paradigma do LM, foi apresentada como uma técnica inovadora para ajudar a representar graficamente os fluxos produtivos (Serrano et al., 2008). O VSM não se limita apenas a destacar as ineficiências dos processos, como também orienta nas suas melhorias (Rother and Shook, 2003), sendo uma excelente ferramenta de diagnóstico e orientação para qualquer empresa que se queira tornar *Lean* (Singh and Sharma, 2009).

Heijunka, ou balanceamento da produção, permite que se produza na ordem em que os produtos são necessários. Esta técnica consiste na distribuição dos produtos de forma sequencial tendo em conta o pedido do cliente, neste caso com um tempo de ciclo próximo do *Takt Time*² (TT), eliminando ou minimizando o tempo de espera por parte dos equipamentos e dos colaboradores.

² *Takt Time* - é o cálculo pela divisão entre o tempo de trabalho disponível e o número de unidades pedidas pelo cliente por dia. Este resultado, tempo disponível por peça, passa a satisfazer o pedido do cliente Rother, M., and Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda (Productivity Press).

Eventos *Kaizen*, consistem na criação de um grupo de trabalho com pessoas provenientes de diferentes áreas funcionais da empresa, com o objectivo de encontrarem soluções para um problema específico. Estes eventos servem também para motivar os colaboradores, visto que na generalidade apresentam ganhos consideráveis em pouco tempo. A essência é proporcionar melhorias no sistema de produção actual (Chen et al., 2010).

O TPM, em português manutenção produtiva total, é uma metodologia que tem como objectivo a eficácia global do sistema produtivo, sendo que para tal o envolvimento dos operadores é funcional à imagem de toda e qualquer ferramenta no LM. Para atingir este objectivo o TPM foca-se na redução de avarias, acidentes e defeitos por meio de manutenção preventiva e de intervenções nos equipamentos que se revelem reduções nos pontos referidos (Suzaki, 2010).

2.2.2. Aplicação do LM em ambientes industriais

Tende-se a definir a filosofia *Lean* como a aplicação de algumas das ferramentas atrás referidas, contudo isso não chega. O aspecto da relação e compromisso da gestão é tão ou mais importante que a correcta aplicação das diferentes ferramentas que o *Lean* nos apresenta. Neste sentido tem de se ver o LM como sendo, também ele, um ambiente de negócio, onde os desperdícios são identificados e eliminados continuamente, produzindo sem defeitos, o que tem de significar um comprometimento de todos, uma mudança de cultura (Lixia and Bo, 2010). Este é um dos factores que faz com que nem todas as tentativas de aplicação da filosofia *Lean* tenham sido bem sucedidas, existindo um lado que muitas das vezes é esquecido, o da mudança de atitude e o do comprometimento.

Chen e Mengo (2010) apresentam-nos o exemplo passado no início dos anos 80 na *Firt Automobile Works* (FAW), uma grande empresa do sector automóvel na China, aquando do envio de um grupo de colaboradores durante meio ano para a Toyota, no Japão, com o intuito de aprender e posteriormente, introduzir o TPS nas suas unidades. Efectivamente esta acção revelou-se positiva, com bons resultados na redução dos diferentes desperdícios. Esta experiência deu início à introdução do LM nas empresas chinesas contudo, apenas algumas conseguiram implementar os princípios e as metodologias aprendidas na Toyota, sendo que mesmo que outras empresas tenham obtido algum sucesso, a maioria delas não conseguiu alcançar os seus objectivos. Mesmo a FAW não apresentou o sucesso esperado com a introdução do *Lean*.

Com o intuito de descobrir as verdadeiras razões para o consecutivo fracasso da implementação do LM na China, os autores, estudaram mais de vinte empresas que tinham o LM em uso há mais de dois anos, descobrindo algumas das razões para o seu fracasso e sucessivo afastamento das práticas *Lean*. Para além do pensamento errado que foi observado

nessas empresas, a falta de autonomia³, de colaboradores qualificados, pontos-chave do LM, foram apontadas como sendo causas para este insucesso. A par disto, o facto de as empresas não implementarem o LM com visão sustentada, a longo prazo, pressionando por sua vez para a rápida implementação, acabam por ditar o fracasso nessas empresas.

A maioria das empresas não combina a sua estratégia de negócio com a aplicação do LM, começando esta aplicação apenas pelo uso das diferentes técnicas, sendo que é com essa mensagem que os colaboradores ficam, a de que o LM é apenas constituído por ferramentas, sendo que quando uma falha, esta era logo posta em causa, e passa-se a uma nova ferramenta. Chen e Mengo (2010) ainda durante o seu estudo constataram que parte das empresas têm em mente que o facto de aplicarem metodologia como o JIT ou o SW são suficientes para obter o efeito desejado contudo, não é assim tão simples. As empresas esperam resultados rápidos e, quando a implementação do LM não apresenta os resultados desejados, culpabilizam a filosofia por isso, acabando por desistir da mesma. A Toyota, passou perto de quarenta anos para estabelecer o TPS, pelo que a alteração dos modelos de gestão resultaram de um longo período de agregação entre a nova base de gestão e a experiência com a mesma, e a implementação do LM não foge a essa regra.

Muitas empresas que apresentam ganhos iniciais com a implementação do LM, resultam de melhorias localizadas, sendo estas incapazes de implementar a melhoria contínua, exigida no LM. Esta ineficiência resulta da incapacidade das empresas ou dos gestores que adoptam o *Lean* em compreender na totalidade o seu conceito, não conseguindo alcançar os benefícios de que a Toyota goza (Mohanty et al., 2007). O sucesso não será alcançado imitando as práticas de outros, mas fazendo a combinação entre a cultura local, boas práticas de gestão e a filosofia em si.

Tem então de considerar diferentes factores aquando da decisão da implementação da filosofia *Lean*. Como se constata no estudo apresentado por Chen e Mengo (2010), existe um défice de orientação na aplicação do *Lean*, pelo que variáveis como cultura, diferentes modelos de produção, muitas das vezes não são considerados, acabando por ditar o fracasso da aplicação do LM como filosofia.

2.2.2.1. Estado da arte - *Lean Manufacturing* em processos produtivos

Têm sido desenvolvidos alguns estudos no sentido de otimizar a aplicação do LM, nomeadamente criando ferramentas orientadoras na aplicação deste paradigma nos diferentes ambientes industriais, enquadrando ferramentas com ambientes produtivos específicos. Estas ferramentas tendem a responder à falta de formação existente, razão de muita das falhas na aplicação do LM. Abdulmalek e tal., (2006) com o objectivo de

³ **Autonomia ou Jidoka** - é descrito por Taiichi Ohno como a automação com toque humano. Este conceito visa implementar funções de controlo ao processo, bem como ao seu bloqueio, focando na identificação e compreensão dos problemas com o fim de não se voltarem a repetir. Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production (Productivity Press, Portland).

orientarem a aplicação do LM, sugerem uma classificação que diferencia os processos de acordo com a sua aptidão à implementação do LM (Abdulmalek et al., 2006). Contudo esta classificação identifica poucos processos dentro dos possíveis. Posteriormente, Rathi and Farris (2009), deram continuidade à classificação desenvolvida por Abdulmalek, construindo uma classificação mais completa, com mais variáveis, adicionando características de interesse, resultando num modelo de classificação mais esclarecedor e completo (Tabela 1).

Tabela 1 - Matriz de classificação para processos produtivos.

	Produção Massa/Fluxo	Produção por lotes	Produção por Encomenda
Procura de Produtos	Muito estável	Estável	Pouco estável
Volume da Procura (por produto)	Alto	Médio a Baixo	Muito Baixo
Tipo de produtos	Padronizados, Para Stock	Padronizados, Para lotes	Personalizados, por Encomenda
Variedade das Matérias-Primas	Baixa	Moderada a Alta	Alta
Variedade de Produtos Acabados	Baixa	Moderada	Alta
Equipamentos	Especializados / Dedicados	Especializados / Dedicados e com Finalidade Geral	Finalidade Geral
Layout da Fábrica	<i>Layout</i> por Produto	<i>Layout</i> Misto	<i>Layout</i> por Processo
Manuseamento de Materiais	Caminho fixo	Caminho Misto	Caminho Variável
Fluxos de Materiais	Contínuo	Contínuo a Intermitente	Intermitente
Flexibilidade dos Processos	Baixa	Média	Alta
Etapa do processo em que os produtos passam a Discretos	Tarde	Média a tarde	Cedo
Exemplos	Açúcar; Algodão; Arroz;	Aço; Tintas; Padarias;	Químicos;


Fonte: Adaptado de (Rathi and Farris, 2009).

A aplicação do LM varia de ambiente industrial para ambiente industrial. Esta classificação torna a diferenciação dos processos mais simples sendo que estes são caracterizados por diferentes variáveis, como se pode constatar na Tabela 1, que vão obrigar a que a aplicação do LM tenha abordagens distintas.

Contudo esta análise não tem sido feita com a mesma intensidade nos diferentes tipos de produção. Anand e Kodali (2010) apresentam um estudo sobre a implementação do modelo LM nos diferentes tipos de indústria, observando-se que ao longo dos anos a aplicação do *Lean* tem sido implementada nos mais diferentes ambientes industriais. A literatura apresentada também revela que existe uma discrepância na quantidade de estudos efectuados sobre a implementação da filosofia *Lean* prevalecendo os estudos desenvolvidos no sector automóvel (Abduelmula et al., 2005; Domingo et al., 2007; Gunasekaran and Lyu, 1997; Lee and Jo, 2007; Mohanty et al., 2007; Motwani, 2003; Seth and Gupta, 2005; Wallace, 2004). De acordo com a revisão de literatura, o sector automóvel continua a ser um modelo na aplicação do LM (Kasul and Motwani, 1997).

Os autores referem que nenhum dos estudos demonstra a aplicação ‘passo-a-passo’ ou apresenta uma ferramenta de orientação da metodologia LM. É inevitável que a aplicação ou abordagem a fazer aquando da implementação do LM seja diferente de uma unidade industrial para outra, de um sistema produtivo para outro, pelo que é de maior importância que existam ferramentas orientadoras no início do processo. Existem alguns estudos que relacionam as ferramentas *Lean* com os diferentes desperdícios sendo possível encontrar algumas tabelas que os relacionam (Anand and Kodali, 2010). Têm sido apresentados alguns trabalhos sobre os resultados da aplicação do LM em ambientes intermitentes, contudo pelas características deste tipo de produção, de grande complexidade, os trabalhos são escassos (Czabke, 2007; Dudley, 2005; Jina et al., 1997; Mottershead, 2001). É de realçar que os resultados em ambientes intermitentes, a par das restantes aplicações do LM na indústria, são muito positivos. Contudo os estudos efectuados estão direccionados para a apresentação de resultados provenientes da aplicação de algumas ferramentas nomeadamente do VSM. Constatando-se que são escassos os estudos orientadores para aplicação do LM neste complexo sistema produtivo. Os trabalhos encontrados centram-se na apresentação de alguns resultados alcançados, como a redução de WIP e LT.

Face ao exposto, torna-se pertinente o desenvolvimento de uma metodologia para aplicação da LM em ambientes intermitentes, que vá para além da apresentação de resultados.



Capítulo 3

Metodologia de investigação

3. Metodologia de investigação

Kothari (2004) define um processo de investigação como a realização de uma série de medidas definidas e necessárias para a realização eficaz das mesmas.

O problema a ser abordado neste estudo baseou-se na observação assistemática de algumas situações reais em organizações industriais e na revisão de literatura sobre o *Lean* aplicado à indústria. Depois da definição do problema procedeu-se à revisão de literatura que aborda os temas directamente relacionados e formulou-se a metodologia a aplicar com o fim de solucionar o problema inicialmente levantado, sendo que este foi de seguida aplicado num caso prático. A seguinte figura apresenta o *design* da investigação desenvolvida neste trabalho.

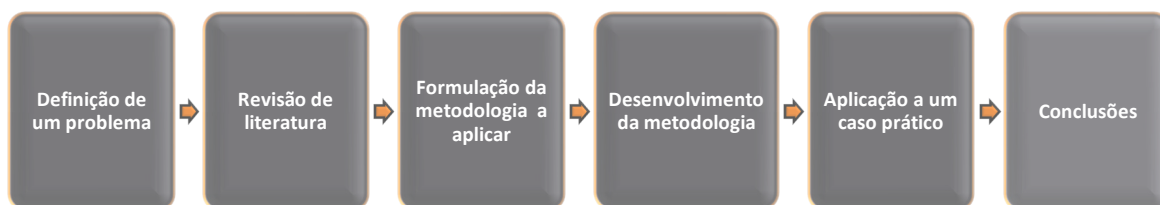


Figura 3 - Design da investigação.


Fonte: Adaptado de (Kothari, 2004)

A par disto, para o estudo de caso foi aplicada a metodologia encontrada na pesquisa.

O estudo de caso é bastante enriquecedor pelo facto de ter uma vertente exploratória, descritiva ou explicativa (Yin, 2002). Perry (1998) e Rowley (2002) apresentaram a metodologia do estudo de caso como apropriada para ajudar a esclarecer fenómenos pouco claros ou quando não há controlo sobre os eventos em estudo. O facto de se desenvolver uma ferramenta de aplicação a ambientes industriais, justifica desde já o seu teste empírico por meio de um estudo de caso (Perry, 1998; Rowley, 2002).

A metodologia do estudo de caso divide-se em três partes: i) concepção, ii) recolha de dados, iii) análise (Yin 2002). No estudo de caso efectuado, aplicou-se a ferramenta desenvolvida, tendo a análise à mesma sido feita segundo a seguinte metodologia: i) aplicação da ferramenta, ii) monitorização dos resultados iii) análise dos resultados.

Para testar a ferramenta proposta, desenvolveu-se um estudo de caso que consistiu na aplicação dos diferentes passos sugeridos na ferramenta no ambiente industrial da empresa objecto de análise. Esta empresa constitui uma unidade produtora de componentes para a indústria automóvel caracterizada por um ambiente de produção intermitente geral.



Capítulo 4 Ferramenta de suporte à aplicação do LM

4. Proposta de uma Ferramenta de suporte à aplicação do *Lean Manufacturing* a ambientes produtivos intermitentes

Parece evidente, pelo que tem vindo a ser apresentado e observado ao longo desta investigação, que a aplicação do LM necessita de ser desenvolvida, tendo em vista uma abordagem metodológica, quanto à sua aplicação em ambientes intermitentes, em particular na fase inicial da sua implementação.

A filosofia Lean, por si só, já está dotada de ferramentas orientadoras para a melhoria e para a eliminação de desperdícios como é o caso do VSM, que se apresenta como uma poderosa ferramenta de diagnóstico, contudo em cenários de produção mais complexos as dificuldades encontradas justificam uma análise detalhada e diferenciada.

Das diferentes razões apontadas para o insucesso e para a persistente dificuldade na aplicação do LM, podem-se destacar de forma sucinta três: i) A falta de comprometimento da gestão de topo. É fundamental que a gestão entenda a filosofia e se comprometa em disponibilizar os meios e tenha a abertura suficiente para também ela se submeter à alteração dos paradigmas internos, trabalhando no sentido de se tornar *Lean* e de viver com esses princípios; ii) Falta de colaboradores qualificados; iii) Falta de orientação na aplicação do LM.

A ferramenta que resulta deste trabalho tem como objectivo melhorar o terceiro ponto, a falta de orientação na aplicação do LM, nomeadamente em indústrias com processos produtivos intermitentes. Na Figura 4, pode-se observar as cinco fases da ferramenta proposta:



Figura 4 - Fluxograma da ferramenta desenvolvida.

4.1. Análise dos Produtos

Em ambientes caracterizados por um elevado número de produtos, como são os processos intermitentes, é acrescida a dificuldade em se perceber por onde começar com a aplicação de práticas *Lean*, isto porque a existência de muitos produtos e complexos fluxos entre eles não ajudam ao enfoque exigido. Neste sentido, é inevitável que se faça uma análise cuidada. Esta análise pretende identificar os produtos significantivos, com mais representação no volume de vendas, que acabam por ser os mais representativos para a empresa. É pertinente que se faça este trabalho na primeira fase até para que o foco possa ser efectuado no produto mais representativo, conseguindo resultados mais animadores, o que não deixará de ser um motivo acrescido de motivação.

As organizações que geram um número elevado de produtos não podem atribuir o mesmo grau de importância a cada um deles, até porque representam valores com muitas dispersões como se pode observar com a utilização da análise de Pareto. Este princípio deve ser utilizado também na aplicação do LM pelo que, como auxiliar para a identificação do produto, sugere-se a utilização da análise de Pareto. Este método segue o princípio apresentado pelo economista Vilfredo Pareto, que no séc. XIX, observou que 20% da população detinha 80% da riqueza.

Esta ferramenta a partir de então tem sido usada nos mais diversos sectores, e constitui uma das sete ferramentas básicas da qualidade (Ishikawa and Lu, 1985). A análise de Pareto segue assim a regra dos 80:20, em que 20% dos artigos representam 80% do valor total de venda (Courtois et al., 2006).

A análise de Pareto, a par de outras ferramentas, começa por recolher a informação necessária ao seu estudo, sendo que a maneira como essa informação é recolhida depende da tecnologia de cada organização, podendo ser feito de forma informática ou manual. Neste caso, tendo como objectivo relacionar o volume de vendas com os produtos produzidos, na maioria das organizações já se encontram sistemas informáticos que permitem consultar esses dados com facilidade.

A aplicação da análise de Pareto é importante na focalização do trabalho, ajudando a definir prioridades e objectivos, contrariando as dificuldades associadas com a falta de tempo que se encontra nos ambientes industriais, negligenciando os exercícios de dar prioridade por grau de importância aos objectivos, sejam eles quais forem (Chaneski, 2008). A utilização da análise de Pareto, no contexto pretendido, deve ser feita da seguinte forma: começar por fazer o levantamento de todos os produtos comercializados/fabricados na unidade e colocá-los numa tabela; quantificar cada um deles em volume de vendas; relacionar cada um com o total e apresentar a percentagem de cada um no todo; por fim elaborar a percentagem acumulada.

Assim que se tenha esta tabela concluída têm-se todos os dados necessários para se elaborar o gráfico e passar à análise dos produtos. A análise de Pareto vai permitir identificar

os produtos predominante, e mais importantes do ponto de vista económico para a empresa, de entre as centenas de produtos que normalmente caracterizam o ambiente intermitente.

O objectivo desta análise é identificar o produto mais representativo e acompanhá-lo numa perspectiva da filosofia LM, uma vez que se considera que a aplicação da LM a toda a produção inviabilizaria a sua implementação. A análise de Pareto representa assim o início do trabalho em LM.

A escolha mais óbvia deve ser a do mais vendido, contudo esta decisão deve ter em conta a estratégia de negócio da empresa tendo em consideração, por exemplo, o ciclo de vida do produto, se está em fim de vida ou não. A aplicação do LM ao produto com mais vendas pode apresentar resultados muito positivos em termos globais para a empresa, pois permite identificar e ordenar por ordem de importância as alterações a fazer, respondendo assim à indefinição por parte das organizações quando pretendem definir o seu plano de melhorias, que por vezes é desajustado.

Neste ponto é necessário fazer uma observação. A selecção de um produto ou família de produtos para implementação da filosofia *Lean* em ambiente intermitente não contraria o princípio do LM assente na melhoria contínua, antes pelo contrário. A melhoria contínua tem de ser uma forma de estar, partilhada por todos em qualquer unidade que queira ser *Lean*, como já foi referido ao longo do trabalho. O que se tem vindo a analisar ao longo deste trabalho é a metodologia a seguir para dar início à implementação da LM em ambiente de produção intermitente.

Após a primeira fase de selecção do produto com recurso à análise de Pareto dá-se início à segunda fase, análise do estado actual.

4.2. Análise do estado actual

Tendo concluído a primeira etapa de análise e selecção de um produto, é pertinente que se avance para o terreno para iniciar a avaliação da cadeia de valor do produto seleccionado, no sentido de enumerar e quantificar as actividades sem valor acrescentado.

O primeiro passo pode começar pelo levantamento dos fluxos de materiais de uma forma visual, até para se perceber a complexidade ou não dos mesmos. Neste sentido a utilização de um diagrama de esparguete revela ser um bom método para expor essas movimentações. Esta ferramenta, permite visualizar os fluxos existentes no chão de fábrica. O nome dado a esta ferramenta, diagrama de esparguete, está relacionado com o resultado obtido com esta técnica em processos que não foram bem definidos, resultando na representação de um diagrama complexo.

A elaboração de um diagrama de esparguete é conseguida de uma forma simples e intuitiva: o processo passa por desenhar linhas representativas do fluxo e as direcções da matéria-prima desde que entra até que sai sobre a forma de produto acabado. Esta

representação é feita em cima da planta de implantação dos equipamentos por onde o produto e os materiais que lhe assistem se movimentam.

A elaboração deste diagrama é simples e confere a visualização da geografia do processo, conseguindo desde já quantificar as distâncias percorridas, movimentações desnecessárias, obtendo uma fotografia dos fluxos em causa (Bicheno, 2004). Este exercício vai dinamizar e sensibilizar para a existência de um número elevado de desperdícios, nomeadamente movimentações e implantações pouco eficientes que são passivos de serem encontrados nas organizações, em particular nas caracterizadas por fluxos de produção intermitentes.

O diagrama de esparguete, por si só, não é suficiente para se elaborar uma análise mais pormenorizada do estado actual da cadeia de valor para o produto seleccionado, que nesta fase é necessária. Contudo não deixa de ser pertinente a sua utilização para sensibilizar para a grande quantidade de desperdícios que pode ser encontrada. Em suma, com este diagrama obtêm-se alguns dados importantes que ajudam a perceber e a quantificar o estado actual, sendo eles: o número de movimentações, o número de vezes que o fluxo é interrompido, resultando na criação de stocks intermédios, o número de metros percorridos, e os inúmeros manuseamentos de materiais.

Este tipo de indústria, designada por processos intermitentes, apresenta maioritariamente os seus *Layouts* definidos por processo, agregando processos similares nas mesmas zonas, sendo que esta situação consegue ser claramente visualizada com esta ferramenta. Neste sentido, e dado que o diagrama de esparguete é parte deste processo, e não todo o processo, é necessário continuar a fazer o levantamento de outros dados importantes para a caracterização e quantificação do estado actual da cadeia de valor recorrendo a outras ferramentas.

O *Lean* apresenta uma ferramenta poderosíssima para este fim, o VSM, podendo traduzir-se para português como o mapeamento da cadeia de valor. Womack e Jones (2003) definem VSM como o simples processo de observação directa dos fluxos de informação e de materiais, resumindo-os, quantificando-os e projectando o seu estado futuro. Esta ferramenta ajuda na representação gráfica da cadeia de valor (Serrano et al., 2008), destacando as ineficiências dos processos, e orientando para a melhoria dos mesmos. O VSM ajuda a visualizar mais do que um processo, ele permite a visualização de todo o fluxo, permite também relacionar o fluxo de informação com o fluxo dos materiais associados. Facilita uma linguagem comum para se falar sobre os processos. Esta é uma boa ferramenta para se perceber onde estamos e para onde queremos ir (Rother and Shook, 2003).

O VSM torna-se assim parte essencial da metodologia apresentada pelas suas características de diagnóstico, sendo esta uma ferramenta indispensável para qualquer empresa que se queira tornar *Lean* (Singh and Sharma, 2009). Algumas empresas que têm implementado a filosofia LM, provam que a utilização do VSM pode eliminar 50% das etapas que se revelam um desperdício, reduzindo o tempo de valor acrescentado e aumentando a qualidade dos produtos (Chen and Meng, 2010).

Esta ferramenta permite duas visualizações distintas, a primeira, do estado actual, com o levantamento de alguns dados reveladores e a sua representação gráfica, e a segunda o estado futuro, i.e, na primeira fase o VSM permite fazer o levantamento da situação actual para que sejam identificadas as diferentes fontes de desperdícios, é esta parte da ferramenta que se sugere ser aplicada na análise do estado actual. O VSM também pode ser usado numa fase posterior, representando nele não o estado actual mas o estado futuro, apresentando a situação para a qual se quer caminhar (Woehrle and Abou-Shady, 2010), contudo essa parte será apenas usada numa fase posterior da nossa metodologia, estado futuro.

O VSM é, como se pode constatar na literatura consultada, uma ferramenta de excelência no mapeamento da cadeia de valor e em certa parte na orientação das organizações para se tornarem Lean. Contudo este também apresenta algumas fragilidades. Esta ferramenta aplicada de forma isolada pode-se revelar pouco eficiente em cenários como os que estamos a estudar, o intermitente pelo elevado *Mix* de produtos e fluxos que se encontram neste tipo de ambientes, tornando a recolha de dados demorada. Isto geraria a apresentação gráfica do VSM confusa com a representação de todos os fluxos (Rother and Shook, 2003). Neste sentido e para ultrapassar esta situação, a primeira fase sugerida na metodologia apresentada neste trabalho fica mais uma vez justificada, eliminando a possibilidade de inicialmente se aplicar o VSM a todos os produtos. Já dentro do produto seleccionado se o mesmo contiver inúmeros componentes com fluxos distintos, também aqui se deve aplicar a mesma regra, seleccionando e analisando apenas o ‘elemento chave’, deixando para depois os restantes, caso se justifique.

O VSM usa uma linguagem padronizada para facilitar a interpretação por parte de todos (Figura 5). Como exemplo, os triângulos são o símbolo representativo do Stock, as Setas símbolos de movimentação. Contudo, isto não impede de que se acrescentem outros símbolos para além dos sugeridos na ferramenta, mas é necessário que sejam adicionados de forma consistente com o conhecimento e interpretação de todos. Para a execução deste é recomendada a formação de uma equipa com as pessoas envolvidas das diferentes áreas e processos a analisar.

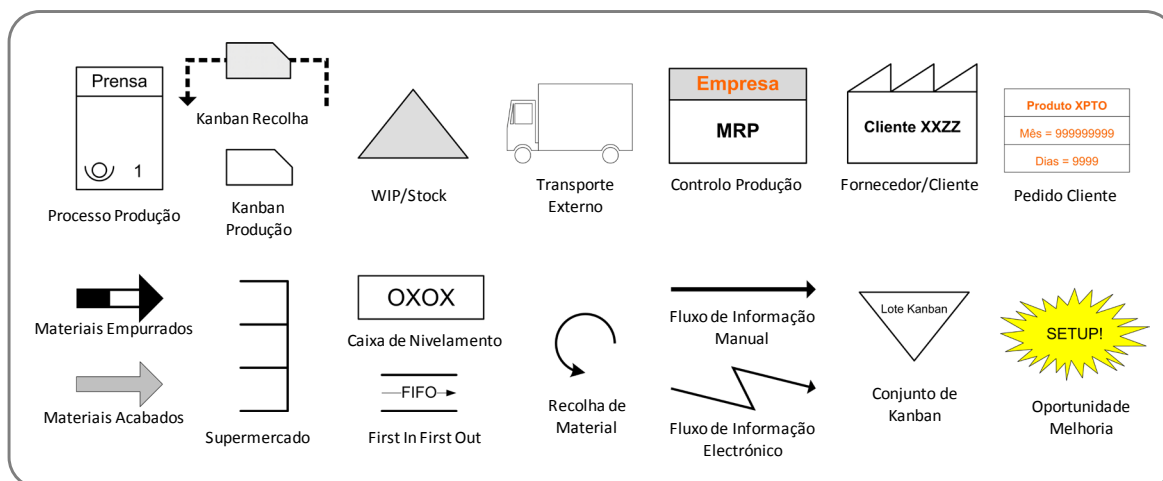


Figura 5 - Ícones VSM.

Fonte: Adaptado (Rother and Shook, 2003)

De forma simples e sucinta, a análise do estado actual com o VSM é feita da seguinte forma: os dados relativos ao estado actual devem ser levantados enquanto se caminha no chão de fábrica seguindo os fluxos de informação e de materiais. Qualquer que seja a informação necessária deve ser obtida no local e por observação própria, nunca recorrendo a dados anteriormente recolhidos por outros que muitas das vezes não reflectem a verdadeira realidade. Este trabalho deve ser feito por uma pessoa, mesmo tendo uma equipa envolvida, para evitar representações diferentes dos mesmos processos, dificultando a visão do todo no final. É com lápis e papel ao longo do chão de fábrica que os dados devem ser apontados, sendo que assim permite que o foco seja a interpretação do fluxo e não a elaboração deste com o auxílio de um software que poderá demorar mais tempo que a verdadeira análise a realizar no chão de fábrica. O objectivo do VSM não é o mapa, mas sim perceber o seu conteúdo, o fluxo de materiais e de informação bem como caracterizar os processos. A representação a computador deve ser deixada para outra fase, caso se justifique (Rother and Shook, 2003).

Existem alguns dados típicos do processo que devem ser recolhidos como o tempo de setup, número de operadores por processo, tempo disponível para produção, taxa de sucata, tamanho dos lotes de produção, TT, *Cycle Time* ou Tempo de Ciclo (CT)⁴, LT, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)⁵, Tempo de Valor Acrescentado (TVA)⁶, sendo que estes são os mais referidos na bibliografia analisada e que devidamente representados no mapa permitem perceber onde existem os desperdícios da cadeia de valor do produto em análise.

Com estes dados recolhidos a partir da observação feita, pode-se fazer o sumário das condições da cadeia de valor. A soma dos stocks (em dias) observados no chão de fábrica e representados no mapa vão quantificar o LT, a par disso a soma das actividades com valor acrescentado (em segundos) de todos os processos vão dar o TVA total do produto. Esta comparação vai permitir perceber a grandeza de ineficiências de que a cadeia de valor está dotada.

É nesta fase, já com o mapa de estado actual, que se devem identificar quer os desperdícios quer a sua localização, para que no passo III se proceda à análise das ferramentas a usar como forma de eliminar ou minimizar os desperdícios encontrados, tendo como objectivo um estado futuro otimizado.

⁴ **Cycle Time** - É o tempo necessário para a execução de uma peça, i.e, o tempo entre a repetição do início ao fim da operação. Rother, M., and Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda (Productivity Press).

⁵ **Overall Equipment Effectiveness (OEE)** - É uma métrica que permite medir a produtividade da produção ou de uma máquina em particular. Koch, and Arno (2007). OEE for the Production Team. FullFact.

⁶ **Tempo de Valor Acrescentado** - Tempo de trabalho dos elementos que realmente transforma o produto na maneira que o cliente está disposto a pagar. Rother, M., and Shook, J. (2003). Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda (Productivity Press).

4.3. Meios a aplicar

Com o mapa do estado actual elaborado e a partir da sua análise, é necessário encontrar soluções para eliminar ou reduzir os diferentes desperdícios identificados. Como abordado ao longo deste trabalho, o LM apresenta inúmeras ferramentas que podem ser úteis. Neste âmbito, Rathi e Farris no seu artigo “*A Framework for the Implementation of Lean Techniques in Process Industries*” de 2009 apresentam uma matriz que relaciona os desperdícios encontrados num sistema de produção *Job Order* com ferramentas *Lean* seleccionadas a usar para a sua eliminação. No sentido de apresentar uma solução que facilite a selecção dos meios a aplicar, com o fim de eliminar os desperdícios encontrados na análise de estado actual, e tendo como base o trabalho apresentada por Rathi e Farris (2009), sugere-se a seguinte matriz que pretende dar resposta à necessidade da metodologia em apresentação, que neste ponto são os meios a aplicar.

A seguinte Tabela tem como objectivo fornecer uma base de apoio na decisão sobre a selecção das ferramentas a aplicar. Esta matriz, não pode ser vista de uma forma inflexível, até porque existem factores que variam de organização para organização. É necessário perceber que este tipo de metodologias são facilitadores da implementação e não podem ser encarados de forma rígida. Para designar o grau de relação é usada uma escala de 3 valores sendo que: 1 = alguma relação; 2 = moderada relação; 3 = alta relação;

Tabela 2 - Matriz de relação Desperdícios / Ferramentas.

	5's	SMED	Kanban	Heijunka	TPM	SW	Poka Yoke	Produção em Células
Stocks		1	3	3				2
Movimentações	2					2		3
Transporte	1							3
Defeitos			1		2	2	3	
Sobreprocessamento						2	3	
Sobreprodução		1	3	3				
Tempo de Setup	2	3			1	2		

Fonte: Adaptado de (Rathi and Farris, 2009)

Utilizando a matriz que se sugere, escolhem-se as ferramentas a aplicar na eliminação dos desperdícios encontrados, sendo que essas devem reflectir as melhorias associadas no estado futuro.

4.4. Estado Futuro


O estado futuro deve reflectir todo o trabalho desenvolvido, sendo que representa uma solução para os desperdícios detectados na análise do estado actual conjugados com os meios a aplicar. O estado futuro deve ter como objectivo remover todas as fontes de desperdício, tendo sempre em consideração os valores da filosofia *Lean*, interligando todos os processos até ao cliente através de um fluxo contínuo ou puxado, sendo o foco produzir apenas o que é necessário na altura necessária, eliminando todas as actividades intermédias que não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente. Existem fontes de desperdícios relacionados com a forma como os produtos foram concebidos, bem como com a forma como o processo foi desenhado, sendo que estas fontes têm implicações diferentes que podem dificultar a eliminação dessas fontes no imediato.

Para a elaboração do mapa do estado futuro com o VSM, deve ter-se em conta algumas questões como o TT a que se tem de responder, quais os processos que se podem integrar criando um fluxo contínuo, qual será o processo *Pacemaker* (o processo que possa marcar o ritmo e ser ele a puxar a produção), que Supermercados são precisos, como é que a produção vai ser nivelada, quais os processos que necessitam melhorias (Rother and Shook, 2003). Estas têm de ser algumas das questões que terão de ser levantadas aquando da elaboração do estado futuro para que o mesmo seja consistente e possa efectivamente passar do estado futuro para o estado actual após a sua aplicação.

Em suma, este estado deverá ser representado no VSM exemplificando graficamente como o processo passará a ser após a sua aplicação.

4.5. Aplicar estado futuro

O estado futuro por melhor que seja elaborado, não passará disso mesmo se não se conseguir a sua implementação de forma eficaz. É então com a sua aplicação que este processo termina, pondo em prática o estado futuro. Para tal, sugere-se a utilização de um plano de acções com a lista de tudo o que a equipa precisa fazer para alcançar o estado pretendido. Um plano de acções deve ter por cada objectivo um responsável e a data de execução.



Capítulo 5 **Aplicação da** **Ferramenta** **Proposta**

5. Aplicação da Ferramenta Proposta a um estudo de caso.

Este capítulo tem como objectivo apresentar de forma clara e sucinta a aplicação prática da ferramenta sugerida. Este estudo de caso foi elaborado junto de uma unidade industrial produtora de componentes para a indústria automóvel.

5.1. Caracterização da Empresa

A Empresa, pertence a um grupo industrial português criado nos anos 80. Ao longo dos últimos anos este grupo tem crescido sendo que, actualmente, já conta com unidades de negócio na Europa, Ásia Pacífico, América do Norte e América do Sul somando 30 unidades.

Este grupo industrial dedica-se à produção e ao desenvolvimento de componentes para a indústria automóvel, nomeadamente estampados, subconjuntos, conjuntos soldados, chassis, entre outros. A empresa é fornecedora das principais *Original Equipment Manufacturer* (OEM's) do sector.

A unidade portuguesa, onde foi efectuado o estudo, encontra-se no interior do país e conta com 90 colaboradores (Tabela 3). Esta unidade caracteriza-se por uma produção diversificada, com diferentes processos de fabrico, como soldadura automática e manual de estruturas e pequenos componentes, tratamento de superfícies, estampagem de pequenas e grandes dimensões dispondo de prensas desde 30TON a 600TON. Nesta unidade são produzidos mais de 120 produtos diferentes.

Tabela 3 - Principais características da empresa.

Propriedades	Empresa S (unidade em estudo)
Sector	Automóvel
Colaboradores	90
Tipo de produtos	Componentes metálicos
Número de produtos	128
Ambiente de Produção	Intermitente Geral
Sistema de produção	Push
Tipo de Layout	Por Processo
Área de produção	7000m ²

Os produtos atrás referidos são independentes e cada um segue um fluxo diferenciado, exemplo disso é o facto de cada produto estampado necessitar de uma ferramenta específica.

O *layout* obedece a uma lógica de produção intermitente estando os equipamentos agrupados em função das suas características (Figura 6). O elevado número de produtos sobreposto a este tipo de *layout* resulta numa complexa rede de fluxos, onde os produtos circulam entre secções de forma intermitente, contudo é possível a existência de alguns fluxos predominantes. Estas características são representativas de um *Ambiente Produção Intermitente Geral*.

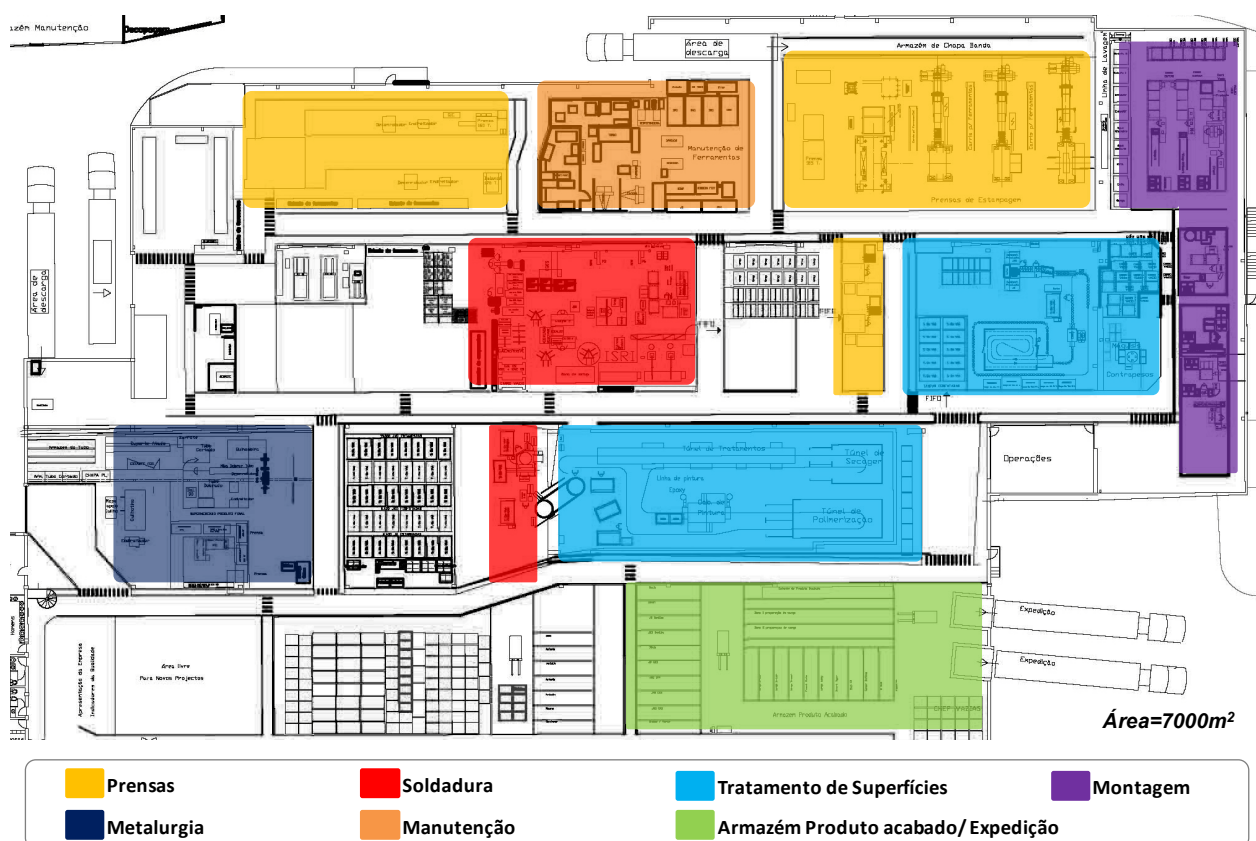


Figura 6 - Layout fabril com zonas de produção diferenciadas.

5.2. Práticas Lean na empresa

A Empresa insere-se num mercado extremamente competitivo e exigente que obriga a uma atitude proactiva e de constante melhoria em todas as frentes. A empresa demonstra estar sensibilizada para a utilização das boas práticas do LM, prova disso é integrar na sua lista de princípios itens como: i) melhoria contínua e ii) criação de valor para as partes interessadas, revelando que tem como objectivo atingir a excelência de uma empresa *Lean*.

Falando em particular da unidade onde foi possível desenvolver o estudo, parece existir ainda sobre esta matéria um espaço de progressão. Existe um conhecimento geral dos conceitos do LM por parte dos colaboradores, contudo a filosofia não se pode considerar ainda totalmente consolidada. Metodologias como 5s são presença no chão de fábrica, praticadas pelos colaboradores. A gestão de topo demonstra conhecimento e sensibilização para as práticas do LM sendo visível a aposta no desenvolvimento destas práticas. A par dos 5s o grupo impõe um objectivo mínimo de 12 Eventos *Kaizen* por ano. Estes eventos *Kaizen*, direccionados para melhorias pontuais podem não ter o efeito desejado, pelo que é visível um esforço no sentido da integração que conduza a uma implementação cabal do LM. Desta forma acredita-se que a empresa está a desenvolver um trabalho que no curto médio prazo trará reflexos efectivos em termos de aplicação integral dos princípios do LM. Pode-se considerar que a aposta da gestão de topo numa política de implementação do LM é visível e entendida como estratégica para o negócio, sendo um factor que deve ser sublinhado. Importa evidenciar que ao nível do chão de fábrica, a influência das práticas *Lean*, existem um pouco por todo o lado, desde a monitorização por diferentes indicadores, existência de simbologia associada à manutenção autónoma, aos quadros *Kanban*, entre outros, são bem visíveis. Esta visibilidade evidencia o trabalho desenvolvido ao longo dos últimos anos, pela empresa, rumo à implementação do LM. Em termos genéricos considera-se que a empresa demonstra um grau organizacional muito considerável assente em boas práticas conduzindo a uma cultura organizacional assimilada por todos colaboradores.

Esta unidade tem uma política muito forte no que toca à segurança dos seus colaboradores, este é o objectivo número um do grupo, zero acidentes. Esta regra é colocada acima de qualquer interesse. A par disto é também certificada pelo cumprimento da ISO/TS 16949:2002 e da ISO 14001:2004.

O envolvimento da gestão de topo tem sido fundamental para implementação deste paradigma.

Em relação aos Eventos *Kaizen* considera-se que estes, apesar dos resultados positivos já alcançados de forma consistente, podem ainda possibilitar uma melhoria significativa se elaborados segundo as directrizes de uma ferramenta orientadora.

Face ao exposto acredita-se que a ferramenta apresentada, no ponto anterior deste trabalho, pode ser uma mais-valia para a implementação e consolidação da LM na empresa. O estudo que se apresenta a seguir pretende ilustrar a aplicação da ferramenta apresentada em ambiente real focando-se nas mais-valias para a organização que daí possam resultar.

5.3. Análise dos Produtos

Como apresentado, o primeiro passo na utilização da ferramenta, consiste em fazer o levantamento de todos os produtos vendidos e relacioná-los com o volume de vendas por meio do diagrama de Pareto (Figura 7).

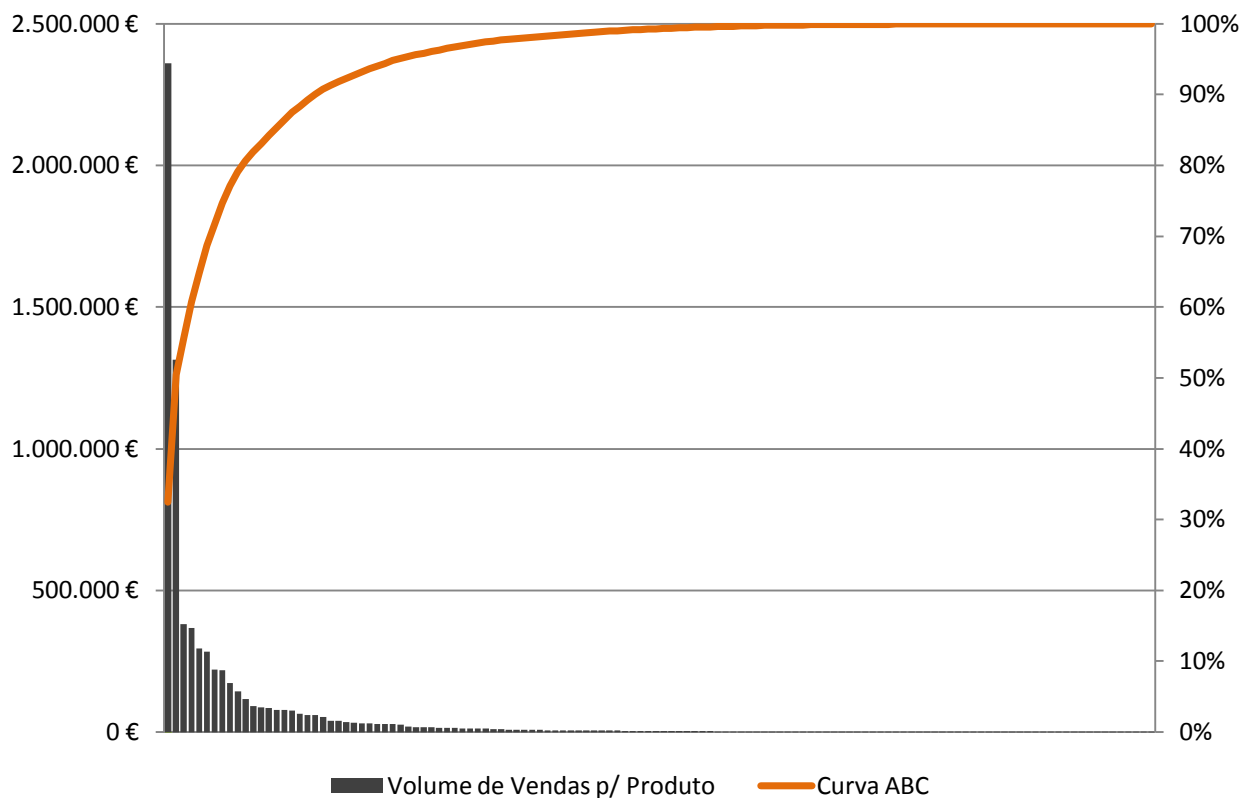


Figura 7 - Gráfico de Pareto, relação volume de vendas por percentagem de produtos da Empresa S.

Como se pode ver pela representação gráfica de Pareto os 10 produtos mais vendidos representam 80% do volume de vendas e o produto mais vendido representa 32% (Tabela 4).

A análise detalhada do gráfico é efectuada na tabela 4 onde se apresentam os 40 artigos mais representativos.

Tabela 4 - Relação Volume de Vendas com Acumulado de Vendas.

Acumulado Referencia	Referência	Volume de Vendas	Acumulado Vendas
0,78%	62580005	2.360.673 €	32%
1,56%	61610390	1.313.108 €	50%
2,34%	61620060	380.346 €	56%
3,13%	61580003	368.181 €	61%
3,91%	61610410	295.881 €	65%
4,69%	61610400	282.936 €	69%
5,47%	61610480	219.379 €	72%
6,25%	61410060	218.117 €	75%
7,03%	61410232	173.754 €	77%
7,81%	61610320	143.801 €	79%
8,59%	61610462	116.134 €	81%
9,38%	61455303	90.530 €	82%
10,16%	61580052	86.222 €	83%
10,94%	61630020	85.701 €	84%
11,72%	61410290	79.172 €	85%
12,50%	61643101	78.208 €	86%
13,28%	61410900	76.151 €	87%
14,06%	61610440	64.356 €	88%
14,84%	61611210	60.939 €	89%
15,63%	61620010	59.200 €	90%
16,41%	61620021	52.851 €	91%
17,19%	71500001	39.954 €	91%
17,97%	71500002	39.477 €	92%
18,75%	61643201	34.496 €	92%
19,53%	61453603	33.992 €	93%
20,31%	61410010	31.702 €	93%
21,09%	61643302	30.386 €	94%
21,88%	61610180	28.775 €	94%
22,66%	61420042	28.324 €	94%
23,44%	61420041	27.662 €	95%
24,22%	61451605	25.096 €	95%
25,00%	61630010	18.397 €	95%
25,78%	61424462	17.903 €	96%
26,56%	61424461	16.719 €	96%
27,34%	61450607	16.605 €	96%
28,13%	61645101	15.638 €	96%
28,91%	61440001	15.196 €	97%
29,69%	61647101	13.840 €	97%
30,47%	61620050	13.470 €	97%
31,25%	61610200	12.847 €	97%

Face a esta análise, parece de todo o interesse que uma abordagem estruturada na implementação do LM se faça a partir do estudo sobre o produto mais vendido neste caso a referência 62580005, este produto será no decorrer deste trabalho designado por J.

Esta decisão deve ser ponderada pelos diferentes sectores da empresa envolvidos, pois podem existir condicionantes que conduzam à selecção de outro produto apesar de uma menor representação em termos de vendas. Exemplo disso pode ser o fim de vida do produto, ou um horizonte de produção pouco alargado. No caso concreto em análise sendo o artigo J um produto corrente da empresa com um horizonte de produção alargado considerou-se ser o

artigo adequado para aplicação da metodologia. Realça-se aqui que a implementação do LM deve ser uma cultura extensiva a toda a empresa, a utilização desta ferramenta justifica por se tratar de um ambiente intermitente e por ser uma forma de iniciar um processo que se quer estendido posteriormente a todos os produtos.

5.4. Análise do estado actual

Com o resultado da análise dos produtos e efectiva selecção do produto J, procedeu-se à análise da cadeia de valor do mesmo. O primeiro passo foi como sugere a ferramenta, elaborar um diagrama de esparguete para se obter a representação gráfica dos fluxos de materiais associados a este produto (Figura 8). Nesta representação gráfica consta apenas o fluxo-chave, pois de outra forma a sua visualização seria caótica. É necessário fazer sempre uma avaliação crítica quanto à pertinência de representar todos os fluxos, caso exista mais do que um, de outra forma, como sugerido na ferramenta, deve-se optar pelo mais importante.

A Figura 8 apresenta o fluxograma do Produto J. Este fluxograma e a sua descrição pretendem representar de forma sucinta a sequência de operações a que o produto é sujeito dentro da unidade, facilitando posteriormente a interpretação do diagrama de esparguete.

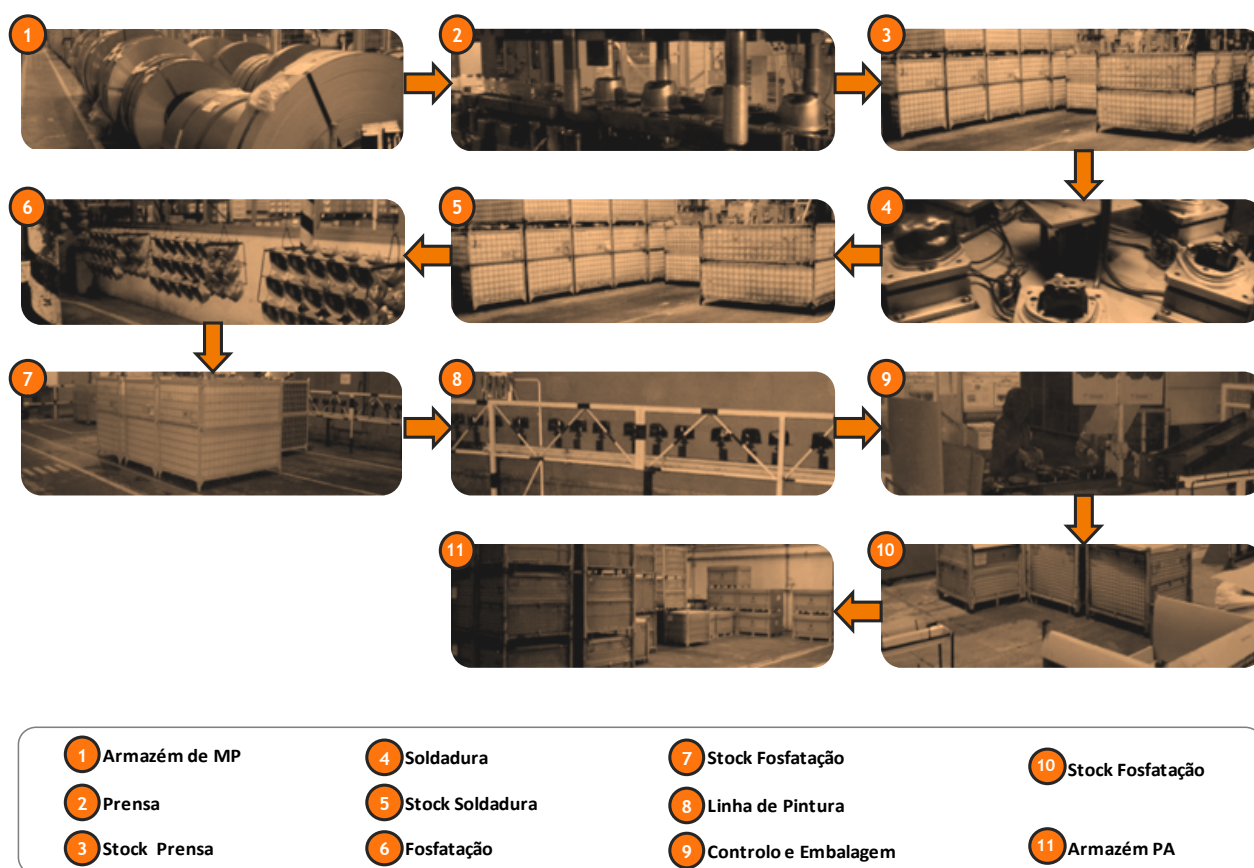


Figura 8 - Fluxograma do Produto J.

O Produto J, é um componente estampado ao qual é soldado um pequeno elemento. No final do processo o produto é sujeito a um tratamento superficial que inclui fosfatização e pintura sendo posteriormente inspeccionado e embalado. As fases pelas quais o produto passa até chegar ao seu estado final são:

i) Recepção da chapa (matéria prima) - Armazém MP; O processo inicia-se no armazém de MP onde a chapa é recebida, validada e armazenada junto às prensas, próxima dos desenroladores. A MP sob a forma de rolos permanece neste armazém até que seja dada ordem de entrada na respectiva prensa;

ii) Estampagem - Prensa; Por um processo de estampagem a MP é transformada obtendo-se a geometria final do Produto J;

iii) Stock de produto semi-acabado - Stock Prensa; No processo de estampagem são criados lotes de produção em contentores que vão sendo transportados para uma zona de stock destinada apenas para este produto;

iv) Cravação do elemento - Soldadura; Neste posto são feitas duas operações, a primeira consiste na formação do elemento referido em cima por meio da cravação de um tubo numa platina que automaticamente é colocado na matriz de soldadura. Nesta matriz é efectuada a segunda operação que consiste na soldadura do elemento ao produto J, por meio de um dispositivo de soldadura automática;

v) Stock de produto semi-acabado - Stock Soldadura; No processo de soldadura, durante o primeiro turno, o produto segue automaticamente para a fosfatação. No segundo turno, como esse processo não funciona, é feito stock que vai sendo transportado para uma zona de armazenagem específica;

vi) Fosfatação; As tampas são lavadas e fosfatadas. No fim do ciclo são colocadas em contentores;

vii) Stock de produto semi-acabado - Stock Fosfatação; No processo de fosfatação são criados lotes de produção em contentores que vão sendo transportados para uma zona de stock;

viii) Linha de Pintura; O produto J é pintado por electrodeposição, seguindo para um estágio na estufa;

ix) Controlo e Embalagem; O produto é controlado e embalado no respectivo contentor;

x) Firewall; Apesar do produto estar concluído, devido ao elevado numero de PPMs, foi implementado temporariamente de forma a prevenir a entrega de peças sem qualidade ao cliente, um posto de controlo adicional;

xi) Armazém de PA - Expedição; Por meio de uma movimentação a partir da Firewall, os contentores são colocados numa zona de produto acabado.

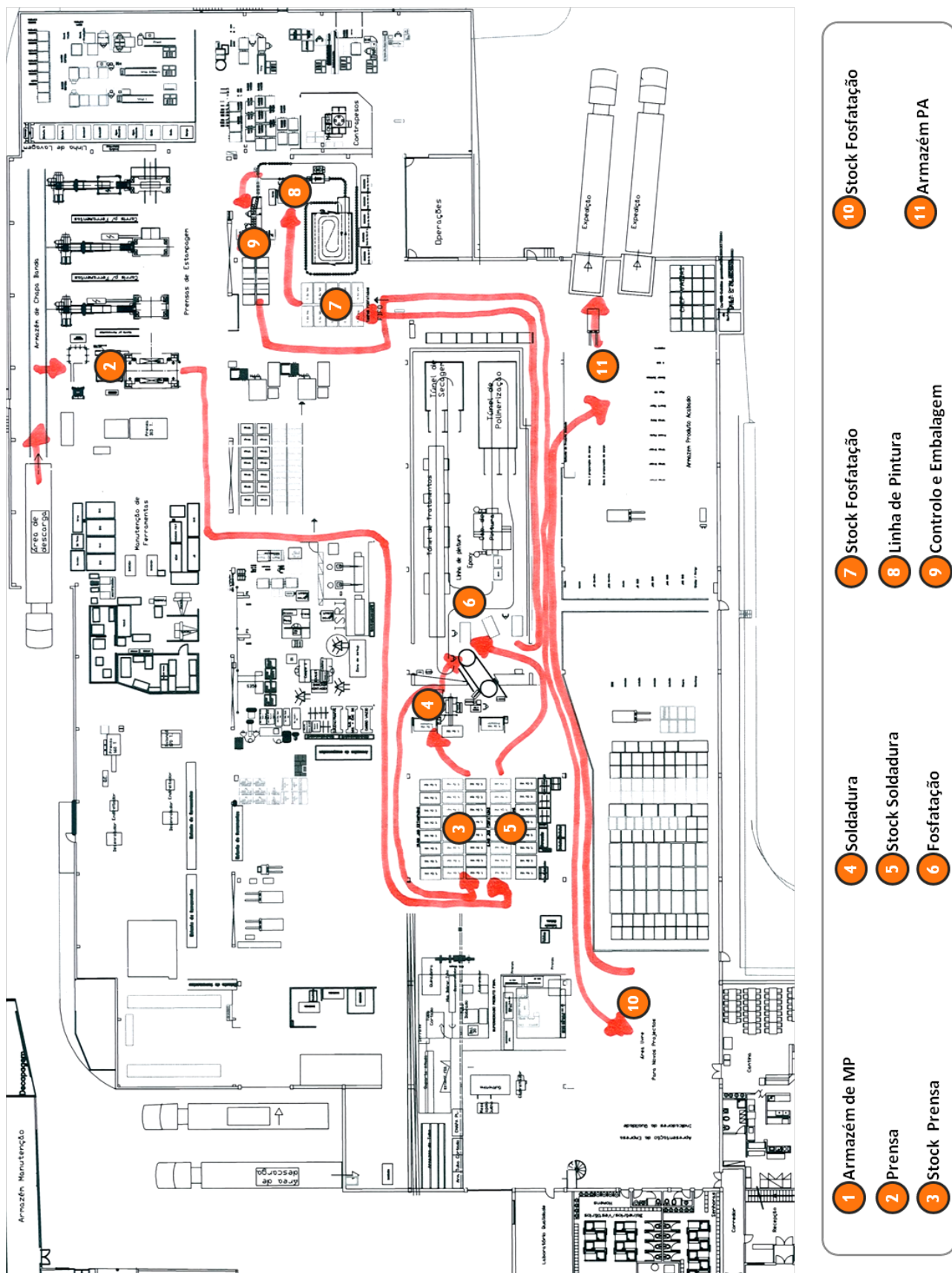


Figura 9 - Diagrama de Esparguete Produto J.

Esta primeira análise permitiu quantificar o número de movimentações, quantidade de armazéns intermédios e distâncias percorridas, tendo-se ainda identificado um conjunto de desperdícios significativo em actividades como armazenamento, espera e movimentações.

Posteriormente procedeu-se à elaboração do VSM no sentido de apresentar o estado actual da cadeia de valor do produto J. Percorrendo o fluxo produtivo de J, e consultando as pessoas que estavam directamente relacionadas com este processo ou com a sua produção foi feito o levantamento dos dados de cada posto, desde CT, Setups, Número de Colaboradores por processo, PPMs, Número de Turnos, Distância em Metros nas movimentações e Stocks. Em paralelo procedeu-se ao cálculo do TT do produto. O TT tem como objectivo saber a que ritmo o cliente quer ser servido e é dado pela seguinte expressão.

$$TT = \frac{T_y}{T_x} \text{ em que}$$

TT = Takt-Time

T_y = Tempo disponível em segundos

T_x = Pedido do cliente/dia

Para o caso do Produto J o cliente tem um pedido médio de 200000 unidades por mês, 9090 unidades por dia. O tempo disponível é de 15 horas (54000 segundos) correspondente a dois turnos. Logo o Takt-time é igual a:

$$TT = \frac{54000}{9090} = 5.9 \text{ segundos}$$

Existe um processo que apenas trabalha um turno, nesse caso o takt time é calculado com um tempo disponível de um turno apenas, 27000 segundos a dividir igualmente pelo pedido total, neste caso $TT=2.9$ segundos.

Com base nos dados recolhidos, é feito o VSM (Figura 9). Este processo integrou pessoas de diferentes áreas com o duplo objectivo de obter os dados de forma mais fiável e simultaneamente envolver todos os colaboradores por forma a conseguir uma maior motivação. No sentido de inculcar a estes as práticas *Lean* e sensibiliza-las para os resultados obtidos com o VSM.

Em relação ao estado actual e aos dados observados pode-se destacar o tempo elevado de Setup na prensa. Neste caso a empresa já utiliza algum método do SMED, contudo parece que o método utilizado pode ser melhorado de forma a consolidar a sua aplicação. A par disso os Stocks entre todas as operações, e os problemas de qualidade na Linha de Pintura são os desperdícios que mais se destacam.

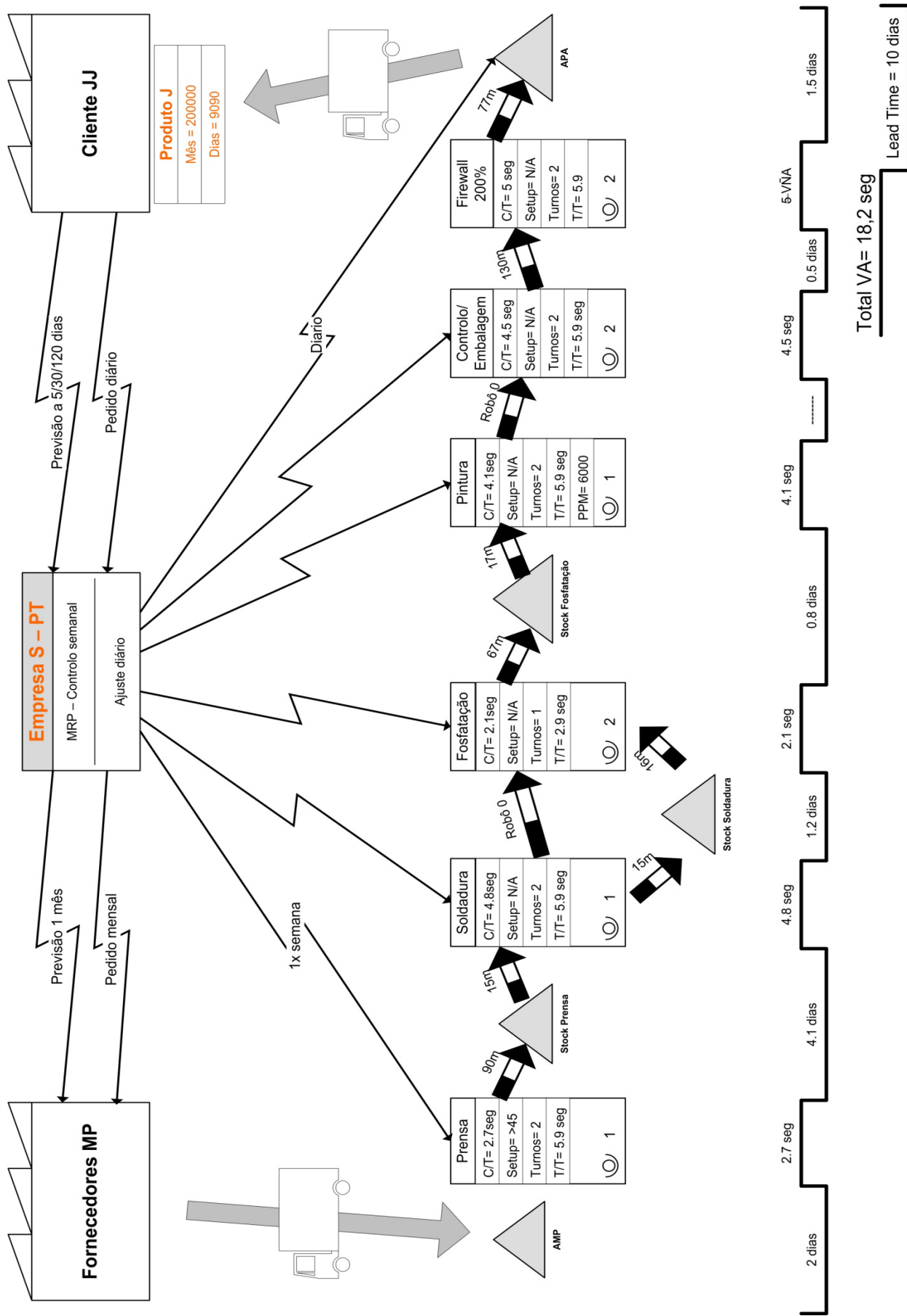


Figura 10 - VSM, Mapa do estado actual.

Parece evidente, e o *Lean* assim o sugere, que se devem criar condições e sistemas anti-erro para minimizar a variabilidade e probabilidade dos defeitos criados passem para as operações seguintes. Contudo é importante a sensibilização dos colaboradores para a utilização de sistemas de detecção de defeitos de forma automática permitindo detetar o defeito na fonte.

Assim, os defeitos causados em cada posto são controlados no fim da linha, na operação de controlo e embalagem, e tendo em consideração o seu número elevado, muitas vezes não são devidamente identificados no posto de controlo, acabando por serem expedidos produtos defeituosos para o cliente. Esta falha no controlo levou a que a empresa optasse pela colocação de uma *Firewall* no final do processo, i.e um controlo adicional.

Para ilustrar o problema, o cliente tem como regra um máximo de 7 PPMs neste produto, à imagem de toda a indústria automóvel, contudo internamente no processo de pintura este indicador encontra-se acima dos 6 mil (Figura 10).

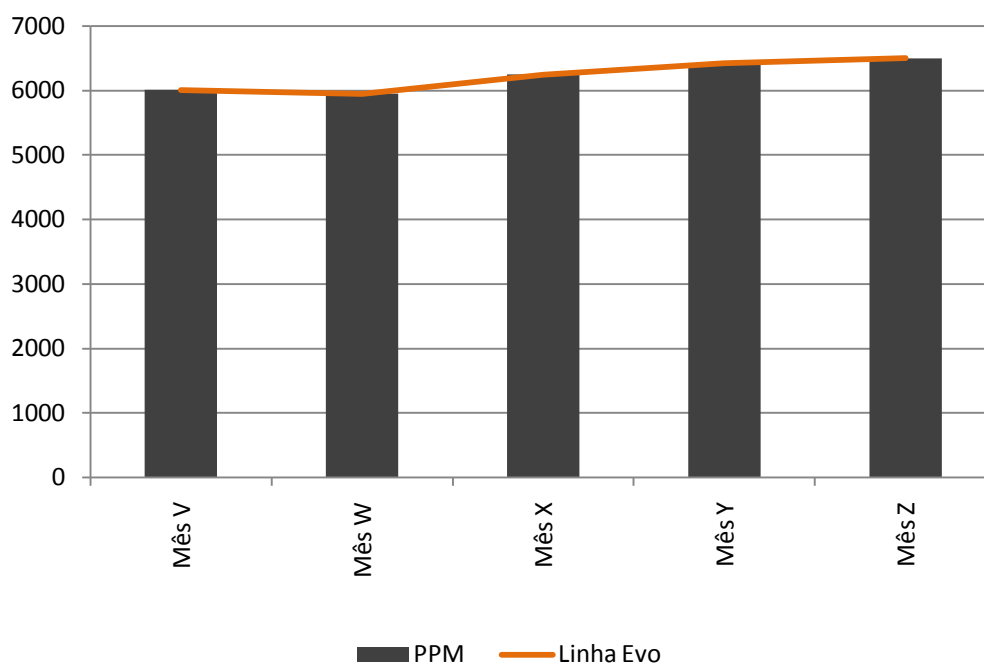


Figura 11 - Gráfico PPMs Linha de Pintura.

Este número de PPMs contabilizado não considera as peças sem qualidade que são retrabalhadas no posto de controlo, dessa forma este número iria aumentar consideravelmente.

É evidente que existem outras variáveis nos processos e dados relevantes para além dos levantados no VSM, contudo este é um meio de se ter uma visão global da posição actual, onde estamos e para onde podemos ir.

O próximo passo, seguindo a ferramenta desenvolvida prende-se com a escolha das ferramentas do LM com o fim de eliminar os desperdícios encontrados e iniciar práticas que permitam caminhar para um processo mais magro, sem desperdícios, onde os princípios *Lean* sejam seguidos, tendo fluxos contínuos, produção *pull*, evoluindo numa base de melhoria contínua.

5.5. Meios a aplicar

Com o levantamento da cadeia de valor, mapa do estado actual, partiu-se para a procura de soluções no sentido de eliminar ou minimizar os desperdícios encontrados e representados no VSM (Figura 11). Neste sentido, e com a utilização da Tabela 3 sugerida na ferramenta desenvolvida relacionam-se os diferentes desperdícios encontrados com as ferramentas e metodologias LM que têm como fim a sua eliminação.

Com a utilização da matriz, foi possível estabelecer uma relação entre stock e sobreprodução com o sistema *Kanban* e *Heijunka*. Relaciona-se também as grandes distâncias percorridas pelo produto ao paradigma dos *layouts* definidos por processo e não por produto, aglomerando processos iguais, negligenciando a sequência de processos do produto. No Setup, embora como referido já exista algum trabalho a nível da aplicação da metodologia SMED, este pode ainda ser melhorado por via do método e da disciplina. Por vezes existe a tendência de procurar resolver este problema com o recurso à aquisição de equipamento como carros de *Setup* rápido colocando de parte a evolução pelo método e organização. O tempo ganho com a aplicação da ferramenta seria uma mais-valia se fosse usado no sentido de flexibilizar a produção e introduzir produções com lotes mais pequenos, contudo aqui deverá existir uma sinergia com o sistema *Kanban*. No geral, e em particular no posto de controlo, devem aplicar-se práticas de padronização do trabalho com o auxílio do SW.

Em relação aos problemas de qualidade provenientes da linha de pintura, e dado que esta se encontra num estado de degradação considerável, a organização pondera adquirir um novo equipamento. Esta aquisição, a ser feita, vai considerar a integração de operações e a criação de condições para a obtenção de um fluxo contínuo, aplicando o princípio da qualidade na fonte.

Políticas como 5s e o TPM devem também acompanhar o processo de mudança, na continuidade da prática actual, devendo ser encaradas como mais do que ferramentas, aplicando-se de forma a que os operadores sintam a sua necessidade e vivam os seus princípios.

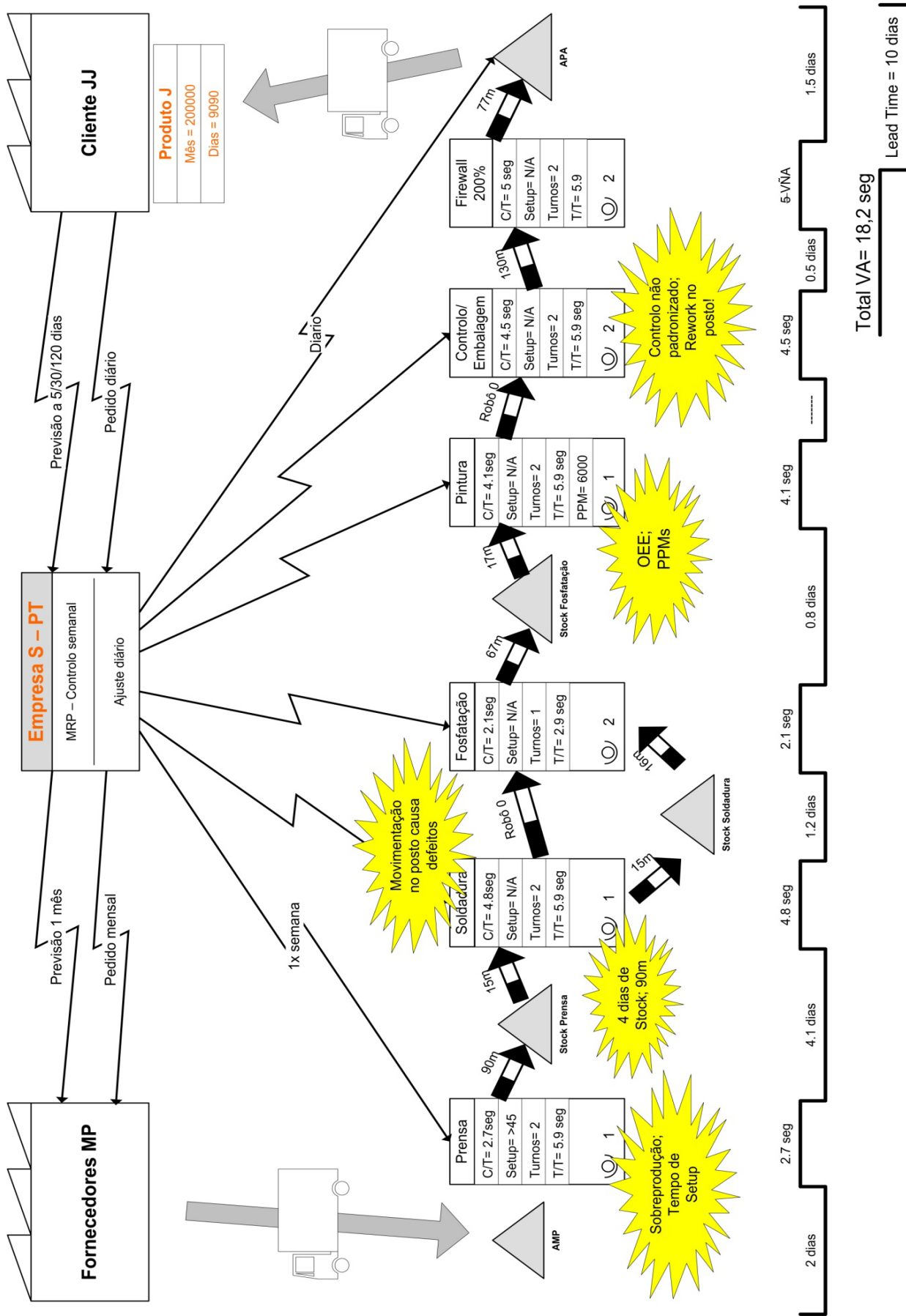


Figura 12 - VSM, Oportunidades de Melhoria.

5.6. Estado Futuro

Para elaboração do estado futuro recorreu-se à eliminação dos problemas detectados na análise anterior, assim passou-se de um sistema *push* para um sistema *pull*, controlando desta forma os *Stocks* através de Supermercados. O estado futuro contempla ainda uma nova linha de pintura que parece pertinente objectivando o fim dos defeitos provenientes desta operação que representa um número de PPMs internos insustentável, aumentando a probabilidade de chegarem produtos com defeito ao cliente.

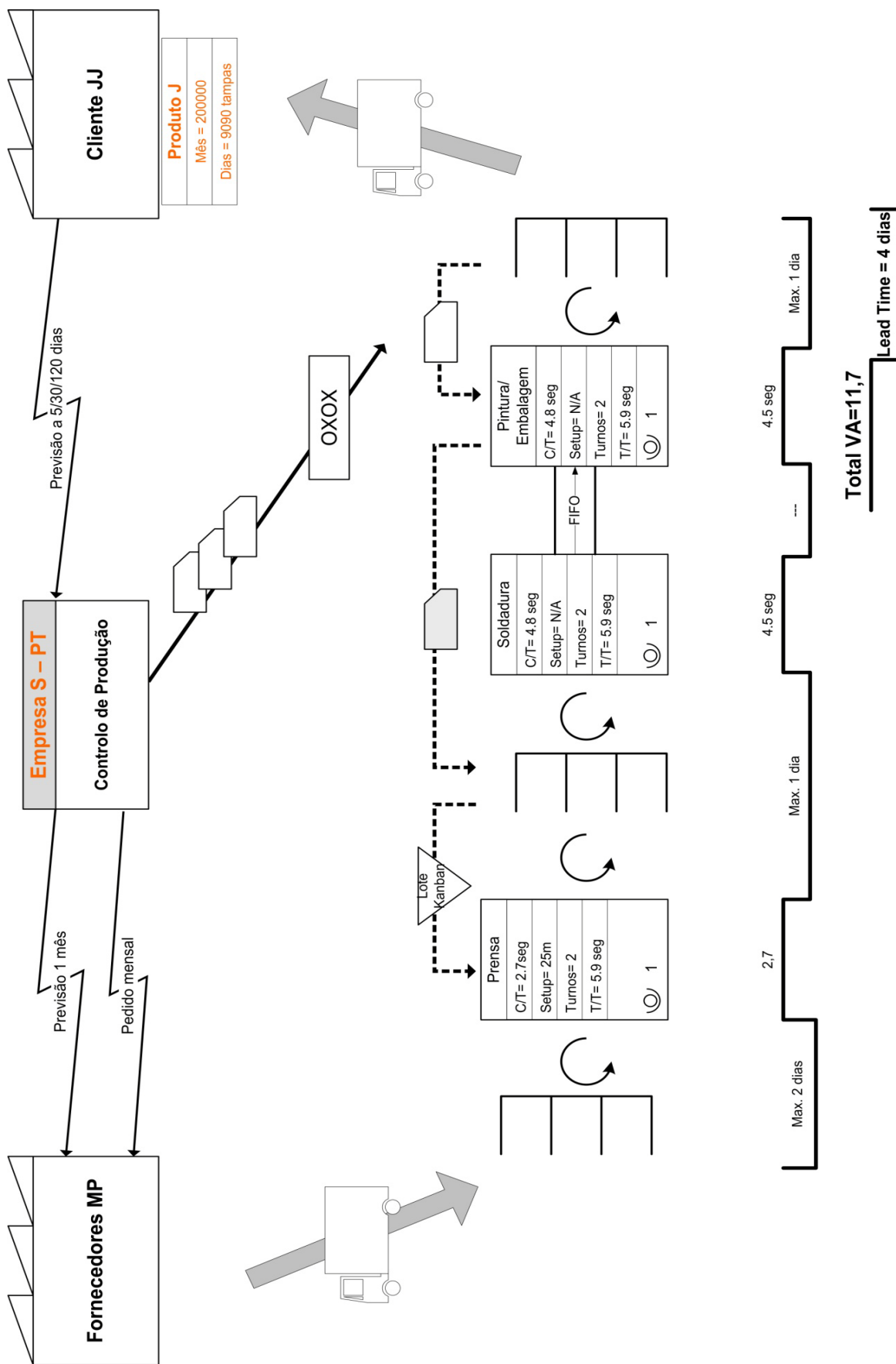



Figura 13 - VSM, Estado Futuro.

5.7. Aplicar estado futuro

Esta fase, representa o culminar de todo o processo que deve anteceder à aplicação do LM e preocupa-se com a operacionalização das soluções encontradas para minimizar, ou mesmo eliminar os desperdícios detectados, tendo sempre em consideração os valores da filosofia *Lean* e interligando todos os processos, até ao cliente, através de um fluxo contínuo.

Sendo este trabalho de cariz académico e exigindo esta fase uma abordagem longitudinal, uma vez que a sua execução implicaria algum período de tempo, não é possível em tempo útil a sua execução nesta dissertação.



Capítulo 6

Conclusões

6. Conclusões

A adopção da filosofia *Lean* como modelo de gestão por parte das organizações obriga a uma forte sinergia das metodologias e ferramentas que esta nos concede com a cultura onde a organização está inserida, a par de um comprometimento forte por parte da gestão no sentido desta fazer parte integral dos objectivos do negócio. De outra forma, os potenciais ganhos com a aplicação deste paradigma perdem-se ou nem chegam a ser verdadeiramente iniciados. Neste sentido têm sido desenvolvidas algumas metodologias orientadoras na aplicação da filosofia *Lean*, nomeadamente do *Lean Manufacturing*, com o fim de facilitar a sua aplicação enquadrando essa estratégia de aplicação com as características particulares dos diferentes ambientes industriais. Posto isto, e pelo que pode ser observado na revisão de literatura, a par da observação directa de unidades industriais, o foco do trabalho direccionou-se para o desenvolvimento de uma ferramenta com o objectivo de otimizar a aplicação do LM, em particular em processos de produção com ambientes intermitentes. Este tipo de ambientes, pela sua complexidade, adiciona um grau de dificuldade acrescido à aplicação do LM.


A solução desenvolvida passou pela criação de uma ferramenta que reúne e organiza as ferramentas já conhecidas no âmbito do LM como o VSM, diagrama de esparguete ou até a análise de Pareto. Esta associação é feita para definir o que fazer em cada passo deste processo de aplicação do LM. A ferramenta desenvolvida propõe uma metodologia para que a sua utilização conjunta, segundo a sequência determinada resultem na análise do estado actual e posteriormente na elaboração de um estado futuro que tem como objectivo eliminar os desperdícios detectados nessa análise, bem como introduzir os princípios orientadores da filosofia *Lean*.

Na elaboração do estudo de caso foi possível aplicar esta solução à realidade de uma unidade industrial com toda a sua complexidade. A aplicação foi feita pelo melhor, demonstrando-se de fácil utilização, de forma clara, para o caminho correcto na implementação do LM.

Contudo este estudo apresentou algumas limitações, dado que a aplicação da ferramenta no âmbito do estudo de caso foi feita apenas em uma unidade industrial, a par do período de tempo disponível para desenvolver este trabalho não ter permitido em tempo útil terminar a última etapa no estudo de caso.

Este trabalho abre caminho a novas pesquisas futuras dentro do mesmo âmbito. Seria interessante desenvolver a ferramenta no sentido de a adaptar aos diferentes ambientes industriais, bem como fazer a sua aplicação em mais unidades industriais, para se conseguir uma avaliação mais consistente da sua aplicabilidade.

A par disto seria do maior interesse alargar a aplicação desta ferramenta a outros sectores que não a indústria, como a saúde ou os serviços dentro dos modelos já desenvolvidos, *Lean Health* e *Lean Services*.



Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Abduelmula, A., Maclsaac, R., and ElMekkawy, T.Y. (2005). Lean manufacturing implementation to a robotic-press line at AG Simpson Automotive Systems.
- Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J., and Needy, K. (2006). A classification scheme for the process industry to guide the implementation of lean. *ENGINEERING MANAGEMENT JOURNAL-ROLLA-18*, 15.
- Anand, G., and Kodali, R. (2010). Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems. *International Journal of Management Practice* 4, 95-116.
- Barnes, J., and Morris, M. (2008). Staying alive in the global automotive industry: what can developing economies learn from South Africa about linking into global automotive value chains? *The European Journal of Development Research* 20, 31-55.
- Bicheno, J. (2004). *The New Lean Toolbox: Towards Fast. Flexible Flow*, 212.
- Braglia, M., Carmignani, G., and Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. *International journal of production research* 44, 3929-3952.
- Büyüközkan, B., and Dereli (2007). Integration of Internet and web-based tools in new product development process, . *Production Planning and Control* 18, 44-53.
- Chaneski, W.S. (2008). Using A Pareto Analysis To Tackle The Right Prolems. *Modern Machine Shop*, pg 34.
- Chase, R.B., Aquilano, N.J., and Jacobs, F.R. (2006). *Operations management for competitive advantage* (McGraw-Hill/Irwin).
- Chen, J., Li, Y., and Shady, B. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International journal of production research* 48, 1069-1086.
- Chen, L., and Meng, B. (2010). The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System. *International Journal of Business and Management* 5, P203.

- Cooney, R. (2002). Is “lean” a universal production system?: Batch production in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management* 22, 1130-1147.
- Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., and Pillet, M. (2006). *Gestão da produção*, 6ª edn (LIDEL).
- Czabke, J. (2007). Lean thinking in the secondary wood products industry: challenges and benefits. Unpublished Masters Thesis.
- Domingo, R., Alvarez, R., Peña, M.M., and Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study. *Assembly Automation* 27, 141-147.
- Dudley, A.N. (2005). The application of lean manufacturing principles in a high mix low volume environment.
- Emery, S., Cudney, E., and Long, S. (2009). An Evaluation of Lean Technique Effectiveness. *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*.
- Emiliani, M. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership & Organization Development Journal* 29, 24-46.
- Gunasekaran, A., and Lyu, J. (1997). Implementation of just-in-time in a small company: a case study. *Production Planning & Control* 8, 406-412.
- Hicks, B. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *international Journal of information Management* 27, 233-249.
- Hodge, G.L., Goforth Ross, K., Joines, J.A., and Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control* 22, 237.
- Ishikawa, K., and Lu, D.J. (1985). *What is total quality control?: the Japanese way* (Prentice-Hall).
- Jeyaraman, K., and Teo, L.K. (2010). A conceptual framework for critical success factors of lean Six Sigma: Implementation on the performance of electronic manufacturing service industry. *International Journal of Lean Six Sigma* 1, 191-215.
- Jina, J., Bhattacharya, A.K., and Walton, A.D. (1997). Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions. *Logistics Information Management* 10, 5-13.

Jurado, M., José, P., and Fuentes, M. (2011). LEAN PRODUCTION Y GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA INDUSTRIA AERONÁUTICA/LEAN PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE AERONAUTIC INDUSTRY. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa* 17, 137-157.

Kasul, R.A., and Motwani, J.G. (1997). Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study. *Industrial Management & Data Systems* 97, 274-279.

Koch, and Arno (2007). OEE for the Production Team. *FullFact*.

Kothari, C.R. (2004). *Research methodology: methods and techniques* (New Age International).

Lee, B.H., and Jo, H.J. (2007). The mutation of the Toyota production system: adapting the TPS at Hyundai Motor Company. *International journal of production research* 45, 3665-3679.

Lixia, C., and Bo, M. Research on the five-stage method for Chinese enterprises to implement lean production (IEEE).

Lixia, C., and Bo, M. (2010). Research on the five-stage method for Chinese enterprises to implement lean production (IEEE).

Matt, D. (2008). Template based production system design. *Journal of Manufacturing Technology Management* 19, 783-797.

Mohanty, R., Yadav, O., and Jain, R. (2007). Implementation of lean manufacturing principles in auto industry. *Vilakshan-XIMB Journal of Management*, 1-32.

Mottershead, D. (2001). Introducing lean manufacturing at ESI (IEEE).

Motwani, J. (2003). A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study. *Industrial Management & Data Systems* 103, 339-346.

Murphree, P., Vath, R., and Daigle, L. (2011). Sustaining Lean Six Sigma projects in health care. *Physician executive* 37, 44-48.

Narasimhan, J., Parthasarathy, L., and Narayan, P. (2007). Increasing the effectiveness of value stream mapping using simulation tools in engine test operations (ACTA Press).

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production* (Productivity Press, Portland).

Perry, C. (1998). Processes of a case study methodology for postgraduate research in marketing. *European Journal of Marketing* 32, 785-802.

Rahman, S., Laosirihongthong, T., and Sohal, A.S. (2010). Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management* 21, 839-852.

Rathi, N., and Farris, J. (2009). *A FRAMEWORK FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN TECHNIQUES IN PROCESS INDUSTRIES* (Texas Tech University).

Reid, R.D., and Sanders, R.N. (2010). *Operations Management*. John Wiley and Sons 4.

Rother, M., and Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda* (Productivity Press).

Rowley, J. (2002). Using case studies in research. *Management Research News*, 16 - 27.

Russell, R.S., and Taylor, B.W. (2011). *Operations management: creating value along the supply chain* (John Wiley & Sons).

Serrano, I., Ochoa, C., and Castro, R. (2008). Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International journal of production research* 46, 4409-4430.

Seth, D., and Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control* 16, 44-59.

Shahin, A., and Janatyan, N. (2010). Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity. *International Business Research* 3, P105.

Shook, J., and Marchwinski, C. (2003). *Lean lexicon: A graphical glossary for lean thinkers* (Lean Summit).

Simmons, L., Holt, R., Dennis, G., and Walden, C. (2010). *Lean Implementation in a Low Volume Manufacturing Environment: a Case Study*.

Singh, B., and Sharma, S. (2009). Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. *Measuring Business Excellence* 13, 58-68.

Stevenson, M., Hendry, L., and Kingsman, B. (2005). A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International journal of production research* 43, 869-898.

Stock, G., Greis, N., and Kasarda, J. (2000). Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management* 18, 531-548.

Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologia Kaizen Para a Melhoria Contínua (LeanOp)*.

Testa, N. (2010). Lean Food Processing. *Cereal Foods World* 55, 172-175.

Treville, S., and Antonakis, J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management* 24, 99-123.

Van Hoek, R. (2001). The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. *Journal of Operations Management* 19, 161-184.

Wallace, T. (2004). Innovation and hybridization: Managing the introduction of lean production into Volvo do Brazil. *International Journal of Operations & Production Management* 24, 801-819.

Wisner, J., and Tan, K. (2000). Supply Chain Management and Its Impact on Purchasing. *Journal of Supply Chain Management* 36, 33-42.

Woehrle, S., and Abou-Shady, L. (2010). Using Dynamic Value Stream Mapping And Lean Accounting Box Scores To Support Lean Implementation. *American Journal of Business Education (AJBE)* 3.

Womack, J., and Jones, D. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation* (Simon and Schuster).

Yin, R.K. (2002). *Case Study Research: Design and Methods*, Applied Social Research Methods Series, Vol 5.