

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Análise Quantitativa das Aplicações do *Lean* nas Publicações Científicas nas Duas Últimas Décadas

Bruno Miguel Alexandre Rei

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

**Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica**

Orientador: Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas

Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Março de 2021



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica

Análise Quantitativa das Aplicações do *Lean* nas Publicações Científicas nas Duas Últimas Décadas

Bruno Miguel Alexandre Rei
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador: Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas

Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias

Março de 2021

“O Lean não é Lean, se não envolver a todos”

John Y. Shook (1952-presente)

Agradecimentos

De forma a expressar a minha gratidão, a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta dissertação, redigi os meus agradecimentos. Desde já, quero pedir desculpa se em alguma eventualidade não constarem alguns dos elementos que de certa forma me apoiaram na realização deste trabalho.

Primeiramente quero dirigir as minhas palavras à minha família, principalmente aos meus pais e avós, pois sem eles não me seria possível o ingresso no ensino superior. Foram pessoas que nunca me abandonaram e sempre me apoiaram incondicionalmente até ao último dia do meu percurso académico e, que sem dúvida me irão acompanhar em todas as fases da minha vida. Os meus eternos agradecimentos, espero um dia poder retribuir tudo o que me foi presenteado até aos dias de hoje.

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias, os meus enormes agradecimentos pela sua orientação, utilidade das suas recomendações e forma prestável com que sempre me recebeu. Estou grato pelo facto de ter tido o privilégio de a escolher como orientadora, encaminhando o meu percurso da forma mais correta. Para além de professora orientadora, foi também um membro ativo neste trabalho de investigação estando sempre ao meu lado sem qualquer hesitação.

A todos os meus colegas, um obrigado pela amizade e companheirismo. Aos meus amigos, que nunca estiveram ausentes, agradeço do fundo do coração toda a amizade e carinho que sempre me mostraram nos bons e nos maus momentos.

Fico eternamente grato por todos vocês terem contribuído para o meu sucesso e crescimento enquanto pessoa.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

DFSS	<i>Design For Six Sigma</i>
DMAIC	<i>Define-Measure-Analyze-Improve-Control</i>
EUA	Estados Unidos da América
I&D	Investigação e Desenvolvimento
JIT	<i>Just-in-Time</i>
LP	<i>Lean Production</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
RMB	<i>Renminbi</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SS	<i>Six Sigma</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i>

Resumo

Devido ao crescimento populacional e ao aumento da competitividade nos mercados, a nível global, os japoneses da Toyota desenvolveram e aperfeiçoaram o *Toyota Production System*, entre 1940 e 1970, que lhes permitiu uma articulação adequada com tais mercados, de forma a sobreviver ao constante dinamismo e às exigências que os caracterizam, principalmente durante uma das crises mais marcantes na história da indústria - a crise do petróleo. Esta forma de trabalho inovadora, mais tarde denominada por *Lean*, permitiu a esta empresa evitar ao máximo a ocorrência de falhas durante os processos, e de garantir que todos estes agreguem valor ao produto ou serviço final.

A filosofia *Lean* foca-se na redução dos desperdícios, sem comprometer a qualidade dos produtos e a satisfação do cliente. Esta filosofia, que é suportada por diversos métodos e ferramentas, é apresentada numa vasta gama de trabalhos científicos, tanto de cariz puramente académico, como incluindo estudos de caso realizados em ambiente industrial. Assim, este trabalho de investigação tem como principal objetivo, apresentar uma análise quantitativa sobre os estudos que têm sido realizados nas última duas décadas, sobre o *Lean*. Pretendem-se analisar os tipos e fontes de informação que a comunidade científica tem reunida sobre o pensamento *Lean*, em termos de artigos científicos existentes em *sites*, que fornecem acesso baseado em assinaturas a várias bases de dados, como é o caso da *Web of Science*. Posto isto, de modo a organizar a informação sobre a temática do pensamento *Lean* e com o objetivo de apurar como, quando, e por quem este é abordado em ambiente académico e industrial, foram considerados 194 artigos referentes a estudos de caso, onde é evidente a sua aplicabilidade prática.

Como resultado do estudo em causa, concluiu-se que de uma forma geral os métodos e ferramentas, quando empregues aos diversos tipos de indústria, levam à obtenção de ganhos significativos para as organizações que os implementam, o que comprovou que o *Lean* é uma filosofia universal, devido à sua versatilidade e aos benefícios que dela advêm.

Palavras-Chave

Pensamento *Lean*; Ferramentas *Lean*; Métodos *Lean*; Artigos científicos.

Abstract

Due to the population growth and the increase in the competitiveness in the markets at a global level, the Japanese of Toyota developed and perfected the Toyota Production System, between 1940 and 1970, which allowed them an adequate articulation with such markets, in order to survive the constant dynamism and the demands that characterize them, especially during one of the most striking crises in the history of the industry - the oil crisis. This innovative way of working, later called Lean, allowed this company to avoid as much as possible the occurrence of failures during the processes, and to ensure that all these add value to the final product or service.

The Lean philosophy focuses on reducing waste, without compromising product quality and customer satisfaction. This philosophy, which is supported by several methods and tools, is presented in a wide range of scientific works, both of a purely academic nature and including case studies carried out on industrial environment. Thus, the main objective of this research work is to present a quantitative analysis on the studies on Lean, which have been carried out in the last two decades. The aim is to analyze the types and sources of information that the scientific community has gathered about Lean thinking, in terms of scientific articles existing on websites, which provide subscription-based access to various databases, such as the Web of Science. That said, in order to organize the information on the theme of Lean thinking and with the objective of ascertaining how, when, and by whom it is approached in an academic and industrial environment, 194 articles referring to case studies were considered, where it is evident its practical applicability.

As a result of the study in question, it was concluded that, in general, methods and tools, when used in different types of industry, lead to significant gains for the organizations that implement them, which proved that Lean is a philosophy universal, due to its versatility and the benefits that come from it.

Keywords

Lean Thinking; Lean Tools; Lean Methods; Scientific papers.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Metodologia da Investigação	4
3. Estado da Arte	Erro! Indicador não definido.
3.1. Fundamentos Gerais da Filosofia <i>Lean</i>	6
3.1.1. <i>Toyota Production System</i>	7
3.1.2. Princípios <i>Lean Manufacturing</i>	9
3.1.3. Sistema de Produção <i>Lean</i>	12
3.1.3.1. Desperdício	13
3.1.4. Barreiras na Implementação do <i>Lean</i>	16
3.2. Métodos e Ferramentas de Suporte à Filosofia <i>Lean</i>	18
3.2.1. Abordagem a 4 Modelos de Classificação/Organização de Ferramentas do <i>Lean</i>	19
3.2.2. Métodos e Ferramentas <i>Lean</i> , de Acordo com o Modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney (2011).....	27
3.2.2.1. <i>Visual Management</i>	27
3.2.2.1.1. 5'S.....	28
3.2.2.1.2. Manutenção Produtiva Total	29
3.2.2.1.3. <i>Andon</i>	31
3.2.2.2. <i>Policy Deployment</i>	32
3.2.2.2.1. Ciclo <i>Plan-Do-Check-Act</i>	33
3.2.2.3. Métodos da Qualidade	34
3.2.2.3.1. <i>Jidoka</i>	34
3.2.2.3.2. <i>Poka-Yoke</i>	35
3.2.2.3.3. <i>Lean Six Sigma</i> e <i>Design For Six Sigma</i>	36
3.2.2.4. <i>Standard Work</i>	37
3.2.2.5. <i>Just in Time</i>	38
3.2.2.5.1. <i>Kanban</i>	38
3.2.2.5.2. Produção Nivelada.....	39
3.2.2.5.3. <i>Single Minute Exchange of Die</i>	40

3.2.2.5.4. <i>Cellular Manufacturing</i>	41
3.2.2.6. Métodos de Melhoria	42
3.2.2.6.1. <i>Kaizen</i>	42
3.2.2.6.2. <i>Value Stream Mapping</i>	43
3.2.3. Outras Ferramentas <i>Lean</i>	45
3.2.3.1. <i>Total Quality Management</i>	45
3.2.3.2. <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	46
3.2.3.3. <i>Gemba Walk</i>	47
4. Análise Quantitativa dos Estudos Científicos sobre <i>Lean</i> Publicados entre 2001 e 2020	48
5. Conclusões e Trabalhos Futuros	72
Bibliografia.....	Erro! Indicador não definido.
Anexos	84
ANEXO A – Estudos de Caso Considerados Sobre a Aplicabilidade do <i>Lean</i>	85
ANEXO B – Matriz Introduzida no <i>Software</i> ORA que Relaciona a Interação Entre os Vários Métodos/Ferramentas	89
ANEXO C – Matriz das Percentagens Relativas à Interação Entre os Vários Métodos/Ferramentas.....	90

Índice de Figuras

Figura 1 - Sistema de Produção Toyota.....	8
Figura 2 - Os Cinco Princípios <i>Lean Thinking</i>	10
Figura 3 - Princípios do <i>Lean Thinking</i> Atualizados.....	11
Figura 4 – Sete Categorias de Desperdício.....	16
Figura 5 - Modelo de Classificação de Ferramentas <i>Lean</i> Proposto por Feld.....	19
Figura 6 - Modelo de Classificação de Ferramentas <i>Lean</i> Proposto por Costa e Filho.	20
Figura 7 – Modelo de Classificação de Ferramentas <i>Lean</i> Proposto por Belekoukias, Reyes, e Kumar.	21
Figura 8 - Modelo de Classificação de Ferramentas <i>Lean</i> Proposto por Thomas.....	22
Figura 9 - Modelo de Classificação de Ferramentas <i>Lean</i> Proposto por Hodge, Ross, Joines, e Thoney.....	23
Figura 10 – Implementação do Modelo Proposto por Hodge, Ross, Joines, e Thoney..	25
Figura 11 – Etapas da Implementação da Ferramenta 5S.	29
Figura 12 - Os Oito Pilares do TPM e Base 5S.	31
Figura 13 - Ciclo PDCA	34
Figura 14 - Comparação entre SS e DFSS.	37
Figura 15 – Exemplo de Cartão <i>Kanban</i>	39
Figura 16 – As Diferentes Fases da Ferramenta SMED.....	41
Figura 17 – Exemplo de Aplicação da Manufatura Celular.	42
Figura 18- Exemplo de Aplicação da Ferramenta VSM	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Barreiras na Implementação do <i>Lean</i>	17
Tabela 2 – Autores com Maior Contribuição para o Estudo em Causa	52
Tabela 3 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta 5S	55
Tabela 4- Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta <i>Kanban</i>	56
Tabela 5 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta SMED	59
Tabela 6 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta <i>Six Sigma</i>	61
Tabela 7 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta <i>Poka-Yoke</i>	62
Tabela 8 – Estudos de Caso da Aplicabilidade do Método <i>Standard Work</i>	64
Tabela 9 – Estudos de Caso da Aplicabilidade do Ciclo PDCA	66
Tabela 10 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta VSM.....	67
Tabela 11 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta TPM	69

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Nº de Estudos de Caso Elegidos da Aplicação do <i>Lean</i> (2001-2020).....	49
Gráfico 2 – Nº de Artigos Elegidos de Acordo com o País de Origem de Cada Estudo	50
Gráfico 3 – Percentagem de Utilização de Cada Método/Ferramenta	51
Gráfico 4 - Interação das Várias Ferramentas <i>Lean</i> Através de um Grafo.....	53

1. Introdução

Com o rápido crescimento populacional estima-se que, até 2050, existam em todo o mundo cerca de 9 bilhões de pessoas. O aumento da procura por diversos recursos é assim cada vez mais evidente, o que os torna escassos e, conseqüente, dispendiosos. Desta forma, as organizações enfrentam várias dificuldades sendo a principal prioridade manter a sua sustentabilidade (Henaó *et al.*, 2018).

Cenários de recessão ocorridos na economia mundial costumam induzir nas empresas tendências de aposta na eficácia dos produtos fabricados e dos serviços, por elas prestados, tendo em consideração a qualidade exigida pelo cliente (Alsmadi *et al.*, 2012). Atualmente, devido à competitividade dos mercados a nível global, é de extrema importância garantir que os produtos sejam entregues e os serviços realizados, no período acordado previamente com os clientes. Contudo, a fim de manter uma posição competitiva no mercado, as entidades envolvidas na concepção, distribuição e comercialização de produtos e serviços, devem evitar ao máximo a ocorrência de falhas durante os seus processos e garantir que todas as atividades agreguem valor ao produto ou serviço final, para que os custos, o tempo de ciclo e a qualidade não sejam gravemente afetados (Amasaka, 2007; Tayal e Kalsi, 2020).

Perante o aumento das exigências impostas pelo mercado e com o intuito de se destacarem da concorrência, as organizações viram-se forçadas a adotar novas metodologias de trabalho, associadas a diversos métodos e ferramentas, de forma a permanecerem sustentáveis e lucrativas nos seus mercados de atuação (Alsmadi *et al.*, 2012).

A filosofia *Lean* despertou grande interesse na indústria de todo o mundo, durante a crise do petróleo, a partir da *Toyota Production System* (TPS) que aliada à satisfação do cliente e à qualidade dos produtos que são fabricados, possibilitou aos seus criadores, os japoneses da Toyota Motor, a sustentabilidade e o crescimento da sua organização (Sezen e Erdogan, 2009).

A produção tradicional (entenda-se “não *Lean*”) é considerada, por vários autores, um sistema que é caracterizado pela elevada percentagem de desperdício, cerca de 90%, sendo que a filosofia *Lean* surgiu com o intuito de identificar e eliminar todas as atividades não produtivas, minimizando assim, as perdas a estas associadas (Thun *et al.*, 2010).

De modo a facilitar a sua implementação e ajudar a redução dos desperdícios, o *Lean* tem por base a aplicação de cinco princípios (Definir Valor, Identificar os Fluxos de Valor, Criar um Fluxo Contínuo, Organizar um Fluxo *Pull* e Procura pela Perfeição) e a identificação sete desperdícios (Excesso de Produção, Tempos de Espera, Transporte e Movimentações de Materiais, Operações e Processos Inadequados, *Stocks*, Movimentações e Trabalhos Desnecessários, Erros e Defeitos). Esta filosofia é também composta por um conjunto de métodos e ferramentas que visam a sua quantificação e qualificação, sendo que não é unânime a classificação desse conjunto entre os diversos autores (Hicks, 2007; Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013).

Apesar de o TPS trazer inúmeras vantagens às organizações, nem sempre a sua implementação é bem-sucedida. Segundo os autores Jadhav, Mantha, e Rane (2014), existem diversos fatores que podem estar na origem deste problema, sendo que os principais estão direcionados para questões culturais, humanas e geográficas.

A motivação inerente a este trabalho de investigação, surgiu pela sua complexidade, abrangência e pelo facto de não existir concordância entre os diversos autores ao se classificarem e agruparem os diversos métodos e ferramentas inerentes a esta filosofia, assim como, a sua aplicabilidade e interação tanto a solo como em conjunto. Posto isto, foram levantadas as questões, que neste trabalho de investigação se tentaram responder, da melhor forma possível: “Quais os métodos/ferramentas *Lean* mais utilizados nos diversos campos de aplicação?”, “Qual a interação entre os diversos métodos e ferramentas *Lean*?” e “Quais os principais benefícios dos métodos/ferramentas de forma individual e em conjunto?”.

Neste seguimento, definiu-se como objetivo geral deste trabalho de investigação, analisar quantitativamente a informação que a comunidade científica tem reunida sobre o pensamento *Lean*, no sentido de se apurar como, quando, e por quem o *Lean* é abordado do ponto de vista académico e em ambiente industrial, no que concerne a um campo de abordagem tão vasto como o do *Lean*.

Relativamente à estrutura da dissertação, esta encontra-se dividida, para além da Introdução e das Conclusões, em três outros capítulos, cujos teores se vão indicar em seguida.

O Capítulo 2, representa a metodologia que foi empregue para a construção do estudo realizado nesta dissertação, especificando a estratégia utilizada para a seleção dos 194 estudos de caso, seleccionados como pertinentes para o tema acima descrito.

O Capítulo 3, corresponde ao Estado da Arte composto por dois subcapítulos, destinados à filosofia *Lean* e aos seus métodos e ferramentas. Em relação ao primeiro subcapítulo

“Fundamentos Gerais da Filosofia *Lean*”, foi contextualizado este pensamento historicamente, abordado os cinco princípios e caracterizado o sistema de produção, de acordo com a sua implementação, identificando os seus desperdícios e as barreiras inerentes à sua execução. Posteriormente, no segundo subcapítulo “Métodos e Ferramentas de Suporte à Filosofia *Lean*”, encontram-se apresentados diversos modelos de agrupamento dos vários métodos e ferramentas de suporte ao *Lean*, cada um defendido por um ou mais autores, sendo que após uma análise detalhada aos modelos encontrados, foi selecionado o que pareceu ser mais vantajoso para o desenvolvimento deste trabalho. No Capítulo 4 encontram detalhadamente explanados os resultados da análise em causa, a fim de perceber como, quando, e por quem a Filosofia *Lean* é abordada em ambiente académico e industrial.

Após o Capítulo 5 correspondente às Conclusões e Trabalhos Futuros, é finalmente apresentada a respetiva Bibliografia e, como complemento, os Anexos:

- ANEXO A – Estudo de Caso Considerados Sobre a Aplicabilidade do *Lean*;
- ANEXO B – Matriz Introduzida no *Software* ORA que Relaciona a Interação Entre os Vários Métodos/Ferramentas;
- ANEXO C – Matriz das Percentagens Relativas à Interação Entre os Vários Métodos / Ferramentas.

2. Metodologia da Investigação

Tal como já foi referido anteriormente, o objetivo principal desta investigação, é o de se perceber como, quando, e por quem o *Lean* é abordado do ponto de vista académico e em ambiente industrial.

Assim, de modo a contextualizar o assunto em estudo, foi elaborado um estado da arte, no qual foram destacados quatro modelos compostos por métodos e ferramentas *Lean*, dos quais foi selecionado um para seguir como referência, para sistematizar a organização da informação sobre *Lean*, apresentada neste trabalho. Posto isto, procurou-se dar resposta às questões – Quais os métodos/ferramentas *Lean* mais utilizados nos diversos campos de aplicação? Qual a interação entre os diversos métodos e ferramentas *Lean*? Quais os principais benefícios dos métodos/ferramentas de forma individual e em conjunto? – através da análise de vários artigos que descreviam os estudos em causa, tendo em conta os critérios de inclusão, procurou-se avaliar a existência de alguma relação entre as várias ferramentas utilizadas em cada um.

Na estratégia da análise quantitativa aos trabalhos científicos sobre *Lean*, publicados entre 2001 e 2020, foram definidos critérios de inclusão e de exclusão de trabalhos científicos sobre o pensamento *Lean*, a fim de se obterem as respostas para as questões de investigação acima mencionadas. Assim sendo, foram considerados critérios de inclusão: estudos empíricos com utilização de ferramentas *Lean* num determinado tipo de indústria; estudos de caso a nível académico ou industrial onde foram aplicadas ferramentas *Lean* e apresentados os resultados obtidos. E paralelamente, foram sendo excluídos todos os artigos que não apresentavam estudo de caso relacionado com o *Lean*, nomeadamente, estados de arte e artigos que apenas descreviam a filosofia e as suas ferramentas de suporte.

Os artigos selecionados foram obtidos a partir da pesquisa em bases de dados/bibliotecas eletrónicas (*Science Direct*; *B-on*; *Web of Science*) e de repositórios de trabalhos académicos, como o google académico. Realizou-se ainda uma pesquisa em referências bibliográficas dos estudos analisados.

A pesquisa foi realizada em inglês e português, considerando-se como limite temporal artigos publicados entre 2001 e 2020.

Foram utilizadas, na pesquisa, as seguintes palavras-chave em Português: “Ferramentas *Lean*”, “Métodos *Lean*”; “Estudos de Caso *Lean*”; “Pensamento *Lean*”, “Produção *Lean*”.

E em Inglês: “*Lean Tools*”; “*Lean Methods*”; “*Lean Case Studies*”; “*Lean Thinking*” e “*Lean Production*”.

A pesquisa revelou a existência de vários estudos sobre esta temática, pois foram encontrados 291.223 resultados. No entanto, dado que a seleção dos mesmos estava condicionada aos critérios de inclusão, foram selecionados 194 artigos (os de maior relevância e mais citados de cada base de dados/biblioteca eletrônica). O critério de escolha dos artigos analisados teve por base o título, a leitura do resumo, mas sobretudo se incluía algum estudo de caso, que permitisse aferir da aplicabilidade industrial do *Lean*, e não apenas da sua exclusiva investigação a nível académico.

3. Estado da Arte

Neste capítulo é feita uma contextualização da filosofia *Lean*, abordando essencialmente a sua história, os seus princípios, a noção e importância da redução de desperdícios, os métodos e ferramentas que podem ser utilizadas para uma boa implementação do *Lean*.

3.1. Fundamentos Gerais da Filosofia *Lean*

Até à Revolução Industrial, a fabricação era composta por uma produção artesanal, onde a mão-de-obra era superior à procura, os produtos menos eficientes e mais caros. Com a Revolução Industrial, devida em grande parte, à crescente demanda e exigências por parte dos clientes, ocorreu uma drástica necessidade de adotar uma produção industrial, obtendo produtos com mais qualidade e a preços mais acessíveis. Esta mudança foi possível através da criação grandes áreas de trabalho onde a aposta é direcionada para os equipamentos, contrariamente às pequenas oficinas que exigem trabalhadores altamente especializados (Pinto, 2014; Ribeiro *et al.*, 2019).

Desde o início do século XX que Henry Ford teve uma grande contribuição para a indústria automóvel. O fundador da *Ford Motor Company* foi o pioneiro na implementação da produção em massa, sendo esta definida como uma produção de produtos *standard* em larga escala, com recurso a linhas de montagem. Posto isto, Ford desenvolveu o *Model T*, conhecido como “o carro universal”, à custa de ter sido o primeiro automóvel produzido em massa e comercializado para todo o mundo (Alizon *et al.*, 2009).

Em 1910, após visitar os Estados Unidos da América (EUA), Sakichi Toyoda constatou que estava prestes a iniciar-se uma grande mudança na indústria automóvel. Com o intuito de perceber qual o nível de industrialização que aí se praticava até então, o seu filho Kiichiro Toyoda viajou até ao continente americano, em 1929, ficando fascinado com o sistema de produção criado por Ford em 1913 (Dekier, 2012).

Fundada em 1937, a Toyota Motor Company surgiu após Kiichiro se ter baseado nos métodos observados nos EUA focando-se no projeto, fabricação, montagem e venda de diferentes tipos de automóveis (passageiros, minivans, comerciais) tal como nas diferentes peças para os mesmos. O nome da companhia Japonesa Toyota teve origem no apelido do seu fundador Toyoda, no entanto por questões ligadas ao *marketing* foi

alterado. De modo a melhorar o processo de produção na organização, Eiji Toyoda juntamente com os engenheiros Taiichi Ohno e Shigeo Shingo desenvolveram entre 1948-1975, uma metodologia específica denominada de Sistema de Produção Toyota (Ohno, 1988; Nkomo, 2012; Iuga e Kifor, 2013).

Segundo Ohno (1988), o desinteresse pelo sistema adotado pela Toyota era bastante notório até à crise do petróleo, em 1973, que colapsou a economia do Japão, tendo também repercussões em todo o mundo. Como previsto, o crescimento da maioria das organizações estagnou, contudo apesar dos lucros da Toyota terem diminuído, esta apresentou uma grande sustentabilidade quando comparada com outras. A partir deste ponto, a companhia japonesa despertou globalmente a atenção, sendo que várias empresas se questionaram sobre qual o sistema implementado na mesma, demonstrando cada vez mais interesse.

Devido ao sucesso do Sistema de Produção Toyota e ao reconhecimento por parte das organizações dos diferentes setores industriais, o TPS ficou conhecido como *Lean Production* (LP). Primeiramente a designação LP surgiu quando Krafcik, em 1988, publicou o artigo “*Triumph of the Lean Production System*”, porém o conceito apenas ficou conhecido mundialmente após o lançamento do livro “*The Machine That Changed the World*”, em 1990 por James P. Womack, Daniel Jones e Daniel Roos. Este livro retrata e compara o LP com o sistema de produção em massa, concluindo que o primeiro apresenta um melhor desempenho e, organiza a filosofia *Lean* de uma forma clara e objetiva (Karlsson e Åhlström, 1996; Melton, 2005; Jasti e Kodali, 2014).

3.1.1. *Toyota Production System*

A identificação de várias lacunas no sistema de produção em massa, permitiu aos engenheiros japoneses da Toyota considerar as suas vantagens, sendo que, ao combinar com as da produção artesanal, foi possível desenvolver um novo sistema, com a denominação de TPS. Assim sendo, a Toyota passou a dispor de um método cuja produção apresenta pequenos lotes, com uma maior diversidade de produtos e de custos mais baixos, sendo que todos estes elementos foram cruciais para uma redução significativa dos desperdícios, atendendo sempre à satisfação do cliente (Womack *et al.*, 1990; Alves *et al.*, 2012).

Para uma boa implementação do TPS, os seus criadores afirmaram que era necessário garantir uma continuidade do fluxo de produção e que o produto como um todo tenha mais valor do que a soma individual de todos os materiais dele constituintes. Outras características desta gestão do trabalho passam por treinar e dar a liberdade aos trabalhadores, para que estes possam interromper os processos nas linhas de produção caso seja detetada alguma anomalia, sendo que exceto na situação mencionada anteriormente, todas as movimentações dos funcionários devem adicionar valor ao produto final, caso contrário estas devem ser consideradas como puro desperdício e eliminadas definitivamente, de forma a melhorar continuamente (Towill, 2010; Thun *et al.*, 2010).

O TPS é vulgarmente apresentado através de um esquema em forma de casa, tal como mostra a Figura 1, que evidencia a dependência existente entre todos os elementos que a compõem. Caso possua a base ou um dos seus pilares mais enfraquecidos esta é considerada instável, mesmo que as outras partes se mantenham bastante resistentes. Esta metodologia, adotada pela Toyota, é composta por dois pilares principais como o *Just-in-Time* (JIT) que é focado na “Quantidade” e o *Jidoka* que considera a “Qualidade”, ambos explicados com maior detalhe nesta dissertação mais à frente no Subcapítulo 3.2 (Liker e Morgan, 2006; Jadhav *et al.*, 2015).

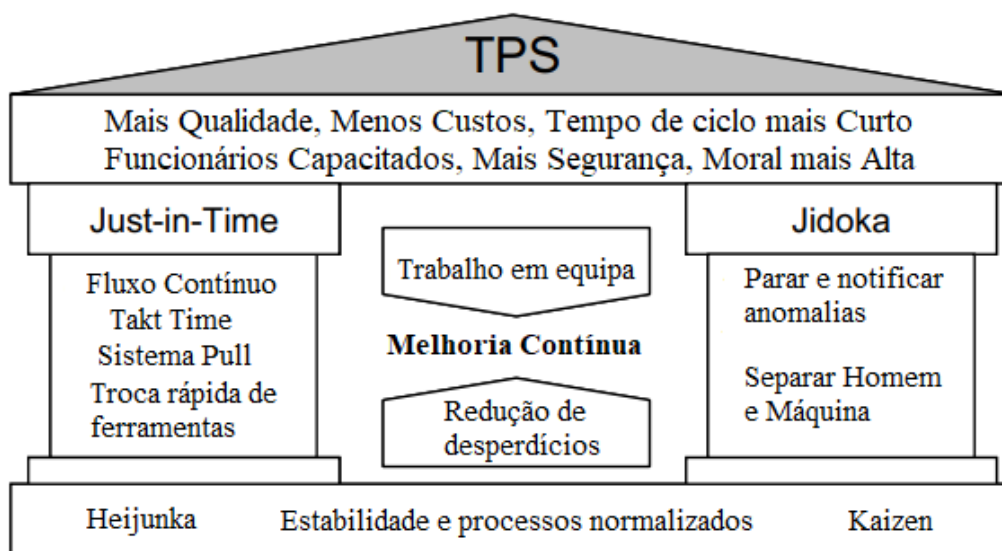


Figura 1 - Sistema de Produção Toyota. Fonte: Adaptado de Herrmann *et al.* (2008).

3.1.2. Princípios *Lean Manufacturing*

Segundo Womack, Jones, e Roos (1990), o *Lean* permite especificar valor, alinhar as ações de valor acrescentado na melhor sequência, executar as diversas atividades sem qualquer interrupção de modo a executá-las um maior número de vezes e cada vez mais eficazmente. Pode assim aferir-se que, ao utilizar o pensamento *Lean* é possível obter mais resultados com menos recursos, sendo que este assenta em cinco princípios fundamentais, representados na Figura 2 e sintetizados da seguinte forma:

- **Definir Valor**

Este é o primeiro princípio a ser enumerado na implementação do *Lean Manufacturing*. O valor é definido pelo cliente tendo em conta as suas necessidades, expectativas e desejos. Para isso o cliente expressa os requisitos necessários para a produção do produto e/ou serviço, providenciando-o num determinado tempo a um preço apropriado. Existem, no entanto, algumas dificuldades em definir o “Valor”, uma vez que os clientes são cada vez mais exigentes, não querendo pagar pelos desperdícios existentes, e os fabricantes procuram apenas produzir o que já é produzido (Womack *et al.*, 1990; Costa e Jardim, 2010).

- **Identificar os Fluxos de Valor**

O fluxo de valor é o conjunto de atividades necessárias que permitem transformar as matérias-primas e informações num produto e/ou serviço. Assim, para poder identificá-lo é necessário distinguir as ações em três tipos: as imprescindíveis que acrescentam valor, as indispensáveis à produção, mas que não criam qualquer valor (exemplos: transportes, verificação da qualidade, entre outros) e por fim as que podem ser eliminadas, pois para além de não serem necessárias não adicionam valor (Costa e Jardim, 2010)

- **Criar um Fluxo Contínuo**

Os processos devem ser organizados, de forma a criar um fluxo, tendo em conta o meio envolvente (capital da empresa, recursos materiais, humanos e transmissão de informação), evitando assim os desperdícios (Pinto, 2014).

- **Organizar um Fluxo Pull**

O sistema *Pull* está diretamente relacionado com a produção JIT, dado que é o cliente que define as instruções de fabrico, ou seja, apenas são produzidas as unidades que são desejadas, evitando assim os desperdícios que possam advir do excesso de produção. Este sistema é diferente do sistema *Push*, em que a empresa deixa de “empurrar” os produtos para o mercado e passa a ser o cliente a “puxar” o produto que pretende (Womack *et al.*, 1990).

- **Procura pela Perfeição**

De modo a aperfeiçoar a organização de uma empresa é fulcral ter em conta os interesses, as necessidades e as expectativas das diversas partes interessadas. Para que isso seja atingível é necessário estar em contacto constante com o cliente, com o objetivo de oferecer um produto/serviço cada vez melhor e mais personalizado, implementando assim um sistema de melhoria continua em todas as partes da organização reduzindo os esforços, o tempo, o espaço, os custos e os erros (Pinto, 2014; Womack *et al.*, 1990).

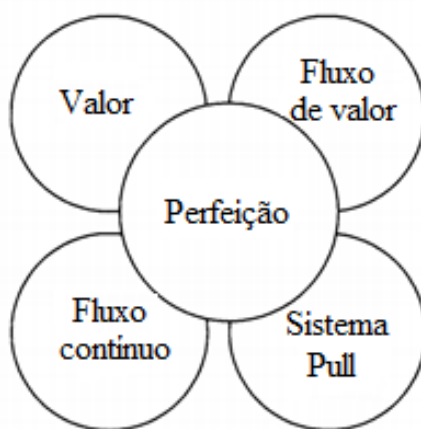


Figura 2 - Os Cinco Princípios *Lean Thinking*. Fonte: Adaptado de Taghizadegan (2006).

Segundo Pinto (2014) os cinco princípios apresentados anteriormente têm algumas lacunas, visto que se centram demasiado na eliminação de desperdícios e desvalorizam a criação de valor. Em 2008, a Comunidade *Lean Thinking* propôs a adição de dois novos princípios, representados na Figura 3, sendo estes “Conhecer os *Stakeholders*” e “Inovar Constantemente”.



Figura 3 - Princípios do *Lean Thinking* Atualizados. Fonte: Adaptado de <https://www.cltservices.net/lean-manufacturing> (visitado em 14-08-2020).

- **Conhecer os *Stakeholders***

A organização deve conhecer detalhadamente a quem se destina a produção final, sendo que a sua atenção não deve ser direcionada unicamente para o próximo cliente da cadeia de valor, mas sim para todas as partes interessadas (como por exemplo, os colaboradores). Por outro lado, é necessário que a empresa tenha sempre em conta o parecer do consumidor final, pois se este não efetuar a compra dos produtos e/ou serviços o negócio tem tendência a colapsar (Pinto, 2014).

- **Inovar Constantemente**

Para que uma empresa consiga acrescentar valor, é indispensável que esta desenvolva novos produtos, serviços e/ou processos estando em constante inovação. De nada serve a uma organização altamente eficiente produzir um produto ou serviço desatualizado, sem qualquer interesse para o cliente final (Pinto, 2014).

3.1.3. Sistema de Produção *Lean*

O Sistema de Produção *Lean* tem como objetivo o aumento da capacidade de resposta às mudanças impostas, e a minimização de desperdícios na produção. As organizações que utilizam este sistema, assentam em vários princípios, sendo eles: manter os itens certos nos lugares certos, no tempo adequado e na quantidade requerida; criar e alimentar relações efetivas dentro da cadeia de valor; procurar pela melhoria contínua e pela qualidade ótima. A finalidade é chegar a uma condição onde a capacidade de produção seja a solicitada pelo cliente, as situações onde há desequilíbrio entre a capacidade e a carga resultam em perdas significativas para a empresa (Pinto, 2014).

Segundo Kuusisto (2018), é importante identificar e reduzir os desperdícios. Para isso, a gestão de resíduos do Sistema de Produção *Lean* segue a nomenclatura japonesa, denominada “Os Três MU’s”, que utiliza os seguintes termos “*Muda*”, “*Mura*” e “*Muri*”, tendo estes o seguinte significado:

- “*Muda*” corresponde ao desperdício, ou seja, refere-se a todos os processos que consomem recursos e não acrescentam valor. Posto isto, é fulcral identificar as suas principais fontes podendo estas ser classificadas em sete tipos de desperdícios: excesso de produção; tempos de espera; transporte e movimentações; operações e processos inadequados; excesso de *stocks*; trabalho desnecessário; erros e defeitos. Por fim, o desperdício deve então ser reduzido ou até mesmo eliminado (Moreira, 2011; Kuusisto, 2018).
- “*Mura*” diz respeito a tudo o que pode variar, como irregularidades ou anomalias, durante a produção do produto e/ou serviço. Para minimizar essas instabilidades é preciso adotar o sistema JIT, procurando produzir unicamente o que é essencial quando é necessário (Pinto, 2014).
- “*Muri*” retrata o que há em excesso e em escassez numa empresa. Assim, e de modo a igualar o método de trabalho, é crucial que este fator seja eliminado, tornando os processos mais previsíveis, constantes e controláveis (Pinto, 2014).

3.1.3.1. Desperdício

Tal como referido anteriormente, a palavra *Muda* tem como significado desperdício e, diz respeito a qualquer atividade realizada na empresa que absorve recursos, mas não acrescenta qualquer valor ao produto final. Este tipo de atividades, que não contribuem para a valorização do produto, representa cerca de 95% do tempo laboral nas organizações e dividem-se em dois grandes grupos: os desperdícios evitáveis e os inevitáveis. Os desperdícios evitáveis são definidos como “puro desperdício”, referindo-se a todas as atividades que são totalmente dispensáveis, como reuniões que não levam a nenhuma conclusão: pausas excessivas para café; longas conversas no corredor; etc. Por outro lado, os desperdícios inevitáveis, ainda que não acrescentam valor ao produto ou ao serviço, são necessários e devem, portanto, ser minimizados, tendo como exemplo: a verificação de matéria prima; paragem de um equipamento para mudança de *setup* ou configurações; testes de qualidade; etc. Taiichi Ohno, um dos impulsionadores do TPS e grande inimigo do desperdício, ao analisar os processos na fábrica da Toyota e tendo em conta os dois grandes grupos referidos anteriormente, identificou sete categorias principais de *muda*, apresentando-se descritas de seguida e representadas na Figura 4 (Womack *et al.*, 1990; Pinto, 2014).

- **Excesso de Produção**

Quando há excesso num processo de produção considera-se que existe desperdício, o qual se torna demasiado penalizante para uma empresa. Este tipo de produção é o oposto ao JIT, onde se produz mais do que a demanda do cliente ou até mesmo antes deste solicitar o produto. Quando esta situação se verifica, há um aumento significativo dos gastos, ou seja, são necessárias mais matérias-primas, operários e espaço de armazenamento devido à criação de *stocks*, sem que haja o retorno financeiro esperado (Kilpatrick, 2003).

Com o objetivo de minimizar este desperdício é crucial estabelecer um fluxo contínuo na metodologia de trabalho, para beneficiar o cliente final, normalizar o espaço de trabalho para cada processo e criar formas de impedir a produção precoce (Tapping e Shuker, 2003).

- **Tempos de Espera**

Para as empresas, todos os tempos são imprescindíveis para obter uma produção eficiente. Assim, quando existem tempos não produtivos, como longos períodos de descanso,

avarias nos equipamentos, atrasos nas entregas, burocracias nos processos, entre outros, ocorrem perdas significativas para as organizações (El-Namrouty e AbuShaaban, 2013). De modo a diminuir os tempos de espera, é de extrema importância rever e normalizar as atribuições dos trabalhos, ou seja; devem ser eleitas pessoas para desempenhar essa função; investir na formação dos trabalhadores para poder substituir outros quando necessário, de forma a manter um fluxo de trabalho contínuo; distribuir equilibradamente a carga de trabalho diária com a intenção de não quebrar a produção e verificar a funcionalidade dos equipamentos (Tapping e Shuker, 2003).

- **Transporte e Movimentações de Materiais**

A movimentação e o transporte de materiais, são atividades que não agregam valor ao produto final. Durante a sua movimentação os produtos podem ser danificados, o que aumenta o risco de perdas, sendo por isso indispensável optar por meios de transportes mais flexíveis, de modo a executar trajetos mais rápidos e a diminuir as distâncias a serem percorridas (Pinto, 2014).

- **Operações e Processos Inadequados**

A aplicação de recursos e processos inadequados às funções reflete-se, por diversas vezes, em trabalho que não acrescenta valor ao produto, ou por outro lado, adiciona mais valor do que é expectável. Posto isto, ao utilizar meios que são dispensáveis à produção, o produto final irá encarecer e conseqüentemente o cliente poderá não estar disposto a pagar o mesmo (<https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/7-desperdicios-do-lean>, website visitado em 18-07-2020).

Para combater esta fonte de desperdícios é fundamental automatizar algumas tarefas, eliminando passos desnecessários, mapear e definir os processos produtivos corretamente e de forma eficiente (Pinto, 2014).

- **Stocks**

A existência de *stocks* para além de representar um investimento desnecessário para as organizações, leva também à ocupação excessiva do local de armazenamento e a um aumento temporal do ciclo de produção (Hines e Rich, 1997).

Com vista a eliminar a criação de *stocks* devem ser usadas as técnicas JIT, ou seja, produzir apenas o essencial, quando requerido para garantir a satisfação do cliente final e

normalizar os postos de trabalho, quantificando as unidades produzidas em cada local (Tapping e Shuker, 2003).

- **Movimentações e Trabalhos Desnecessários**

Quando existem movimentações físicas ou trabalhos desnecessários, há um declínio no processo de produção. Assim sendo, todas estas ações devem ser eliminadas, pois não são necessárias para executar as operações. A procura por uma ferramenta, o *layout* de uma empresa inadequado, bem como a instabilidade das operações são alguns exemplos que exigem atividades que poderiam ser evitadas (El-Namrouty e Abu-Shaaban, 2013).

Com o intuito de evitar este desperdício e de forma a aumentar a produtividade de uma empresa, é fulcral manter todo o espaço de trabalho organizado, como por exemplo: pastas; gavetas e armários, bem como toda a informação contida nos dispositivos eletrónicos, para que a sua procura seja facilitada e executada rapidamente; aplicar métodos de trabalho que permitam manter um local de trabalho bem estruturado e considerar se a compra de um equipamento, vai ajudar a eliminar movimentações ou trabalhos sem qualquer valor (Tapping e Shuker, 2003).

- **Erros e Defeitos**

Os defeitos e os erros que ocorrem durante a produção, levam a que exista uma grande utilização de recursos que, posteriormente, não vão ter qualquer aproveitamento. Os consumos destes recursos, levam a custos adicionais que não são direcionados somente para os materiais, mas englobam também a mão de obra despendida durante a produção do produto ou serviço, bem como o retrabalho que vai ser necessário para efetuar o produto novamente. E por último, a resolução das possíveis reclamações que vão existir por parte dos clientes, referentes ao serviço mal prestado (Kilpatrick, 2003).

A existência dos erros e defeitos provém essencialmente da ação humana, devido à falta de concentração e de formação, mas também pode advir da falta de inspeção aos equipamentos. Para diminuir estas falhas deve-se implementar medidas que permitam normalizar o processo de trabalho; utilizar equipamentos que ajudem na detenção de irregularidades; garantir a formação dos trabalhadores, bem como a qualidade dos equipamentos, de modo a manter a excelência ao longo dos processos; preservar a continuidade do fluxo; automatizar as atividades, sempre que possível (Pinto, 2014).



Figura 4 – Sete Categorias de Desperdício. Fonte: Adaptado de <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/7-desperdicios-do-lean> (visitado em 18-07-2020).

Inicialmente os principais autores do *Lean* classificaram os desperdícios em sete categorias, contudo após alguma análise efetuada nesta investigação, constatou-se que diversos trabalhos referenciam a existência de um oitavo desperdício, denominado de “capacidades não utilizadas”.

- **Capacidades Não Utilizadas**

A criação deste desperdício adveio da necessidade em dar importância ao potencial humano que não é aproveitado, ou seja, não existe oportunidade em usar as capacidades de todas as pessoas da empresa. A elevada rotatividade entre os trabalhadores, a formação insuficiente e o fluxo de trabalho inadequado, são algumas das principais causas do aparecimento deste problema. Para solucionar este desperdício é importante que todos os colaboradores expressem a sua opinião, independentemente do nível hierárquico que ocupam dentro da empresa, quando têm de ser tomadas as decisões finais, de modo a solucionar os problemas da organização (Kilpatrick, 2003).

3.1.4. Barreiras na Implementação do *Lean*

A implementação do *Lean* parece de fácil aplicabilidade, contudo, ao longo do tempo, foram identificadas inúmeras barreiras que comprometem a sua prática numa empresa.

Essas barreiras são definidas como qualquer questão técnica, organizacional ou social que comprometa o desempenho e eficácia de um ou mais processos (Marodin e Saurin, 2015). Os autores Čiarnienė e Vienažindienė (2013), defendem que há questões e barreiras que ainda não foram ultrapassadas, sendo que para a adoção da filosofia *Lean*, as organizações enfrentam duas questões principais, como as que estão relacionadas com as pessoas e as de nível organizacional. Assim sendo, como representado na Tabela 1, os autores organizaram os principais obstáculos, da seguinte forma:

Tabela 1 - Barreiras na Implementação do *Lean*. Fonte: Adaptado de Čiarnienė e Vienažindienė (2013).

Tipo de Barreira		Evidência
Pessoas	Resistência à mudança	A implementação da produção lean geralmente exige uma mudança significativa na atitude de uma organização, o que pode ser um problema se a organização não estiver preparada para lidar com as mudanças.
	Percepção e falta de conhecimento	Falta de conhecimento das técnicas e métodos lean por parte da gerência e dos funcionários
	Identidade dos membros da equipa de melhoria	A equipa é frequentemente formada por pessoas dispostas a se envolver no projeto e não por pessoas qualificadas
	Comunicação fraca	O uso de linguagem incompreensível e a falta de mensagens claras.
Organizacional	Compartmentalização	A fragmentação em silos funcionais e profissionais impõe uma barreira importante e funcional ao fluxo de clientes, bens e informações
	Questões relacionadas com cultura e hierarquia	A hierarquia da equipa e a forma como as questões de gestão são alocadas, tornam-se normalmente numa barreira para qualquer melhoria, especialmente quando o lean é implementado.
	Alto custo de implementação e falta de recursos	Implementar o lean significa desmontar completamente as configurações e sistemas anteriores. A compra de máquinas eficientes e o treino dos funcionários podem aumentar consideravelmente as despesas de uma organização.
	Fraca ligação entre programas de melhoria e estratégia	Os programas de melhoria lean não são incorporados na estratégia da empresa.
	Medição de desempenho e recolha de dados	É necessário mostrar o progresso e avaliar a eficácia das diferentes mudanças, ferramentas e técnicas que foram implementadas.

Entre os obstáculos para a implementação do *Lean*, apresentados na tabela anterior, destacam-se: a falta de compromisso da gerência; a fraca compreensão dos conceitos do *Lean*; a necessidade de recursos financeiros para investir na formação dos trabalhadores; a resistência dos funcionários à mudança, principalmente no período de transição; a falta de tempo para estudar e adotar, as técnicas aliadas a este pensamento e a grande variedade de produtos produzidos (Gupta e Jain, 2013; Singh *et al.*, 2020).

3.2. Métodos e Ferramentas de Suporte à Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* é composta por várias ferramentas, métodos e técnicas aplicáveis a diversas situações e adaptáveis a todo o tipo de indústrias. Ao longo do tempo surgiram dúvidas relativamente à classificação dos métodos e das ferramentas, bem como às várias denominações que cada um pode ter. Isto acontece porque as opiniões na comunidade científica divergem, dificultando muitas vezes a utilização de cada um e tornando os processos de investigação mais confusos e, por conseguinte, mais difíceis de serem realizados (Sivaraman *et al.*, 2020).

Dias (2015), ao recorrer a publicações da década de 1990, de modo a perceber a diferença entre as definições entre: metodologia; método e ferramenta, concluiu que as metodologias são, muitas vezes, consideradas estratégias que possibilitam estudar os problemas, que os métodos costumam ser compostos por uma ferramenta ou conjunto de ferramentas específicas e que, as ferramentas, muitas vezes também designadas por técnicas, têm servido como suporte aos métodos, pois permitem que a recolha de dados essenciais à perceção dos problemas e à condução das suas resoluções, seja facilitada. Posto isto, para que exista um consenso de nomenclatura neste trabalho de investigação, vai considerar-se o seguinte: uma metodologia pode ser constituída por vários métodos e cada um desses métodos pode ainda ser constituído por um grupo de várias ferramentas. A aplicabilidade dos métodos a um dado problema deve ser alvo de estudo, pois não se deve generalizar o uso de uma ou de um conjunto de ferramentas para todos os tipos de problemas. Assim, pode classificar-se a incorreta utilização de métodos e/ou ferramentas em três tipos principais: o uso do método errado para resolver um problema; a utilização de uma única ferramenta para a resolução de todos os problemas; e a aplicação para todos os problemas de um conjunto de ferramentas, pertencente ao mesmo método ou a métodos diferentes (Pavnaskar *et al.*, 2003).

São vários os autores que através de livros, artigos, revistas e outros documentos científicos propõem modelos fundamentados para a classificação das diferentes técnicas e métodos do *Lean*, a fim de esclarecer as dúvidas de nomenclatura, que persistem até aos dias de hoje na comunidade científica. Nesta revisão de literatura foram analisados quatro modelos propostos por vários autores, apresentados nas Figuras 5, 6, 7, 8 e 9, dos quais

foi selecionado um para seguir como referência, para a sistematização da organização da informação apresentada ao longo desta dissertação.

3.2.1. Abordagem a 4 Modelos de Classificação/Organização de Ferramentas do *Lean*

Neste subcapítulo pretende-se: apresentar os modelos encontrados na revisão de literatura, que visam agrupar e classificar as diversas ferramentas do *Lean*; apresentar a interpretação efetuada de cada um deles; realizar uma análise crítica dos mesmos, apontando as vantagens e desvantagens que lhes são inerentes; e por fim designar, justificando, o que pareceu mais apropriado, como sendo o que melhor agrupa e classifica as ferramentas do *Lean*, a fim de servir de guia para a escolha das que devem ser mais profundamente explanadas, nesta dissertação.

Modelo de Feld (2000)

Fluxo de Manufatura

1. Product/quantity assessment (product group)
2. Process mapping
3. Routing analysis (process, work, content, volume)
4. Takt calculations
5. Workload balancing
6. Kanban sizing
7. Cell layout
8. Standard work
9. One-piece flow

Controlo dos processos

1. Total productive maintenance
2. Poka-yoke
3. SMED
4. Graphical work instructions
5. Visual control
6. Continuous improvement
7. Line stop
8. SPC
9. 5S housekeeping

Organização

1. Product-focused, multi-disciplined team
2. Lean manager development
3. Touch labor cross-training skill matrix
4. Training (lean awareness, cell control, metrics, SPC, continuous improvement)
5. Communication plan
6. Roles and responsibility

Métricas

1. On-time delivery
2. Process lead-time
3. Total cost
4. Quality yield
5. Inventory (turns)
6. Space utilization
7. Travel distance
8. Productivity

Logística

1. Forward plan
2. Mix-model manufacturing
3. Level loading
4. Workable work
5. Kanban pull signal
6. A,B,C parts handling
7. Service cell agreements
8. Customer/supplier alignment
9. Operational rules

Figura 5 - Modelo de Classificação de Ferramentas *Lean* Proposto por Feld. Fonte: Adaptado de Feld (2000).

O modelo de Feld (2000), representado na Figura 5, é dividido em cinco elementos principais, tais como: o fluxo de produção, que representa as principais técnicas relacionadas com questões de mudanças físicas e alteração de padrões na empresa; a organização que diz respeito a todas as ações relacionadas com a organização das pessoas e das funções a desempenhar, bem como a formação necessária para encarar novas formas de trabalhar; o controlo dos processos onde se agrupam todas as ferramentas direcionadas para a monitorização, o controlo, a estabilização e a melhoria dos processos; as métricas que tratam de analisar os resultados que foram obtidos para direcionar as melhorias e reconhecer o trabalho realizado pelos operadores; a logística que corresponde a todas as atividades ligadas à definição das regras operacionais e dos mecanismos para planear o fluxo de materiais. Com o objetivo de obter uma fabricação de classe mundial, Feld defende ainda que, todos os elementos se complementam e que devem ser utilizados em conjunto, porém o mesmo não se verifica, visto que grande parte das organizações se concentra nos métodos do fluxo de manufatura, do controlo dos processos e logística, acabando por dar menos atenção à parte organizacional e de métricas.

Modelo de Costa e Filho (2016)

Classificação	Ferramentas e Métodos Lean
Avaliação	5 Whys A3 Ishikawa diagram Process mapping Value stream mapping Gemba walking
Melhoria	5S's Team approach to problem solving Spaghetti diagram Workload balancing Continuous flow Andon Rapid process improvements events/Kaizen event Jidoka Pull system/Kanban One-piece-flow Mistake-proofing (Poka-yoke) Process redesign Production leveling (Heijunka) Physical work setting redesign Standardised work
Monitoramento Avaliação / Melhoria / Monitoramento	Visual management DMAIC (Define-Measure-Analyse-Improve-Control) PDCA (Plan-Do-Check-Action)

Figura 6 - Modelo de Classificação de Ferramentas *Lean* Proposto por Costa e Filho. Fonte: Adaptado de Costa e Filho (2016).

Para Costa e Filho (2016), a divisão dos métodos *Lean* deve ser agrupada em três grandes grupos: avaliação, melhoria e monitorização, tal como retratado na Figura 6. Os autores defendem que, os métodos de avaliação são direcionados para a revisão do desempenho dos processos organizacionais, nomeadamente para a sua capacidade de agregar valor e dos desperdícios que deles possam advir. Sendo que este grupo é composto pelas ferramentas 5W, Relatórios A3, Diagrama de *Ishikawa*, *Process Mapping*, *Value Stream Mapping* (VSM) e *Gemba*. Por outro lado, os métodos de melhoria englobam todas as ferramentas que, de alguma forma, contribuem para a melhoria dos processos ou da organização, a fim de aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios, tais como: 5’S, *Team approach to problema solving*, Diagrama Esparguete, *Workload balancing*, *Continuos flow*, *Andon*, *Kaizen*, *Jidoka*, *Kanban*, *One-piece-flow*, *Poka-Yoke*, *Process redesign*, *Heijunka*, *Physical work setting redesign* e *Standard Work*. Por último, surge no modelo os métodos de monitorização, que apenas apresentam uma única ferramenta - o *Visual Management*, e tal como o nome indica, têm como principal objetivo monitorizar os processos de modo a perceber se houve melhorias. Costa e Filho (2016), classificam ainda os ciclos *Define-Measure-Analyze-Improve-Control* (DMAIC) e *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), como sendo ferramentas pertencentes aos três métodos apresentados anteriormente.

Modelo de Belekoukias, Reyes, e Kumar (2014) e Thomas (2018)

JIT	TPM	Autonomation	VSM	Kaizen/CI
Ferramentas <ul style="list-style-type: none"> • One piece flow • Pull system • Takt time • Cell manufacturing • Levelled production • Kanban • Visual control • Multifunctional employees • JIT purchasing 	Ferramentas <ul style="list-style-type: none"> • Overall equipment effectiveness (OEE) • Single minute exchange of die (SMED) • 5S • Autonomous maintenance • Planned maintenance • Quality maintenance • Initial control before the starting of the production • Safety and hygiene environment 	Ferramentas <ul style="list-style-type: none"> • Mistake proofing/ Poka-yoke • Visual control system/Andon • Full Work system 	Ferramentas <ul style="list-style-type: none"> • Current state map • Future state map • Flow diagrams 	Ferramentas <ul style="list-style-type: none"> • 5S • Brainstorming • Continuous Flow • Kanban • Datacheck sheet • Five whys • Pareto chart • Run chart • Gantt chart • VSM • Process map • Mistake proofing

Figura 7 – Modelo de Classificação de Ferramentas *Lean* Proposto por Belekoukias, Reyes, e Kumar.

Fonte: Adaptado de Belekoukias *et al.* (2014).

Just-in-time (JIT)	Ferramentas Total productive maintenance (TPM)
Takt time	5 S
Pull production	Autonomous maintenance
Production leveling	Planned maintenance
One-piece flow	Quality maintenance
Multifunctional employees	Focused Improvement (Kobetsu Kaizen)
Visual management	Overall equipment effectiveness (OEE)
Kanban	Single minute exchange of die (SMED)
Cellular manufacturing	Safe and Clean environment
Ferramentas Kaizen (CI)	Ferramentas Autonomation
5S	Mistake proofing/Poka-yoke
Brainstorming	Visual control system/Andon
Pareto chart	Full work system
Value stream mapping (VSM)	Ferramentas VSM
Continuous improvement	Visually identifying and measuring waste resulting from the inefficiencies
Mistake proofing/Poka-yoke	Unreliability of information
Kanban	Flow diagrams of time, money, space, people, machines, material and tools in transformation
Run chart	
Check sheet	
Five whys	

Figura 8 - Modelo de Classificação de Ferramentas *Lean* Proposto por Thomas. Fonte: Adaptado de Thomas (2018).

Os autores Belekoukias, Reyes, e Kumar (2014) e o autor Thomas (2018) publicaram um modelo, com a finalidade de melhorar o desempenho organizacional, com características bastante semelhantes, tal como se pode observar nas Figura 7 e 8. Nos modelos apresentados, o JIT, a TPM, a *Autonomation*, o VSM e o *Kaizen* surgem como sendo os principais métodos a seguir, quando o objetivo é obter uma boa implementação do *Lean* na organização. Os autores afirmam que o método *JIT* é frequentemente associado a ferramentas como *One piece flow*, *Pull system*, *Takt time*, *Cell manufacturing*, *Levelled production*, *Kanban*, *Visual Control*, *Multifunctional employees* e *JIT purchasing*, por contribuírem para a redução de desperdícios, a boa gestão do espaço de trabalho e a diminuição de *stocks*. Por outro lado, o TPM visa otimizar as atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva obtendo a máxima eficiência e produtividade de cada equipamento. Este método depende diretamente de várias técnicas, tais como: *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Single Minute Exchange of Die* (SMED), 5S, *Autonomous maintenance*, *Planned maintenance*, *Quality maintenance*, *Initial control before the start of the production* e *Safety and hygiene environment*. A *Autonomation* ou *Jidoka* é um método *Lean*, que depende diretamente da automatização das ferramentas *Poka-Yoke* e *Andon* em conjunto com um sistema de trabalho completo, cujo objetivo é a redução de defeitos de qualidade. Desta forma, é necessário que exista um controlo visual permanente capaz de detetar e notificar anomalias nos processos, apesar de que os

equipamentos devem também estar preparados com dispositivos que identificam erros, interrompendo os processos caso seja necessário. O *Kaizen*, ou melhoria contínua, é classificado pelos autores como um dos processos mais importantes numa organização *Lean*, pois é aqui que esta irá evoluir significativamente e de forma contínua. Neste modelo, este método é composto pelas ferramentas *5S*, *Brainstorming*, *Continuous flow*, *Kanban*, *Datacheck sheet*, *5W*, *Pareto Chart*, *Run Chart*, *Gantt chart*, *VSM*, *Process map*, e *Mistake proofing*.

Modelo de Hodge, Ross, Joines, e Thoney (2011)

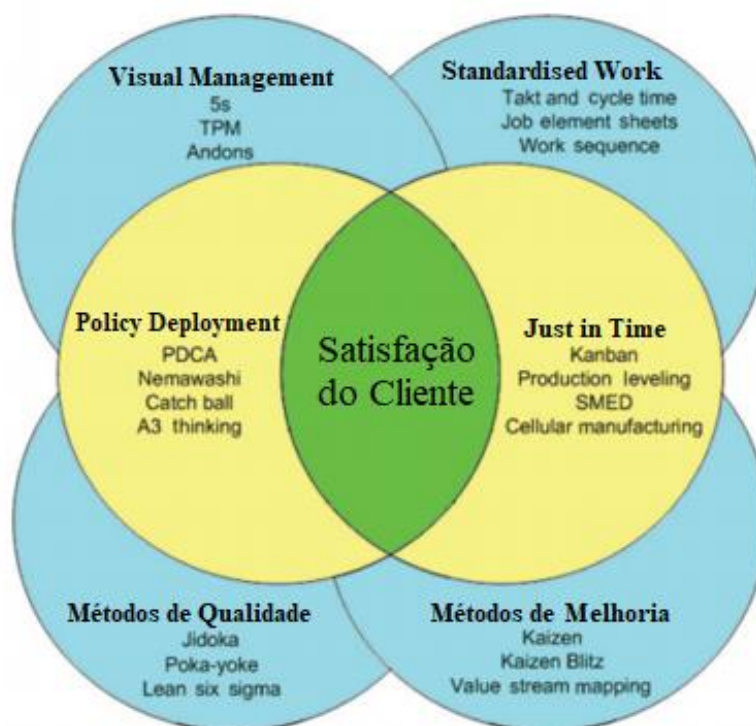


Figura 9 - Modelo de Classificação de Ferramentas *Lean* Proposto por Hodge, Ross, Joines, e Thoney.

Fonte: Adaptado de Hodge *et al.* (2011).

Por fim, foi considerado o modelo apresentado por Hodge, Ross, Joines, e Thoney (2011) que, consideraram a existência de seis grandes grupos (*Visual Management*, *Standard Work*, *Policy Deployment*, *Just in Time*, *Métodos de Qualidade* e *Métodos de Melhoria*), para a classificação dos métodos e das suas ferramentas *Lean*, sendo o principal foco a satisfação do cliente, tal como retratado na Figura 9.

Segundo os autores, o método *Visual Management*, composto pelas ferramentas *5S*, *TPM* e *Andon*, tem como principal objetivo criar um ambiente onde tanto os colaboradores com

funções de cariz mais operacional como a gestão de topo, percebam de imediato, quando ocorrem situações que não estão padronizadas, podendo assim serem tomadas ações corretivas, o mais rapidamente possível, com o propósito de minimizar as perdas que lhes são inerentes.

O *Standard Work* é um método importante para o bom funcionamento de uma organização, pois permite que as tarefas, os tempos de processo e de ciclo, sejam normalizados e sequenciados. Sendo que, de modo a auxiliar e facilitar a sua implementação, se deve recorrer a folhas de trabalho.

No método de implementação de políticas, também denominado de *Hoshin Kanri*, é pretendido inculcar os objetivos da gestão de topo a nível operacional, de forma a desenvolver na empresa um pensamento com base na qualidade suprema, direcionado para os interesses do cliente. Posto isto, para poder obter um alinhamento das operações cumprindo as metas estabelecidas, o autor classifica como ferramentas indispensáveis o Ciclo PDCA, o *Nemawashi*, o *Catch ball* e os relatórios A3.

Outro dos métodos considerados no modelo é o JIT que, tal como o nome indica, tem por base produzir e fornecer o que é necessário no tempo e quantidade previamente estabelecidos. Este grupo é constituído pelas ferramentas *Kanban*, *Heijunka*, SMED e *Cellular Manufacturing*, e visa a eliminação de *stocks* e a melhoria contínua do processo produtivo, atendendo à demanda do cliente e priorizando sempre a sua satisfação.

Os métodos de qualidade são considerados pelo autor o grupo de ferramentas, tais como *Jidoka*, *Poka-Yoke* e *Lean Six Sigma* (LSS), que contribuem para a diminuição do aparecimento de defeitos durante os diferentes processos que, mais diretamente influenciam na obtenção da satisfação do cliente.

Por último, surgem os métodos de melhoria que são definidos por Hodge, Ross, Joines, e Thoney (2011) como sendo aqueles que favorecem o crescimento da organização, visto que se centram na melhoria contínua, sem deixar estagnar o processo evolutivo da empresa, e neles incluem as ferramentas *Kaizen* e *Value Stream Mapping*.

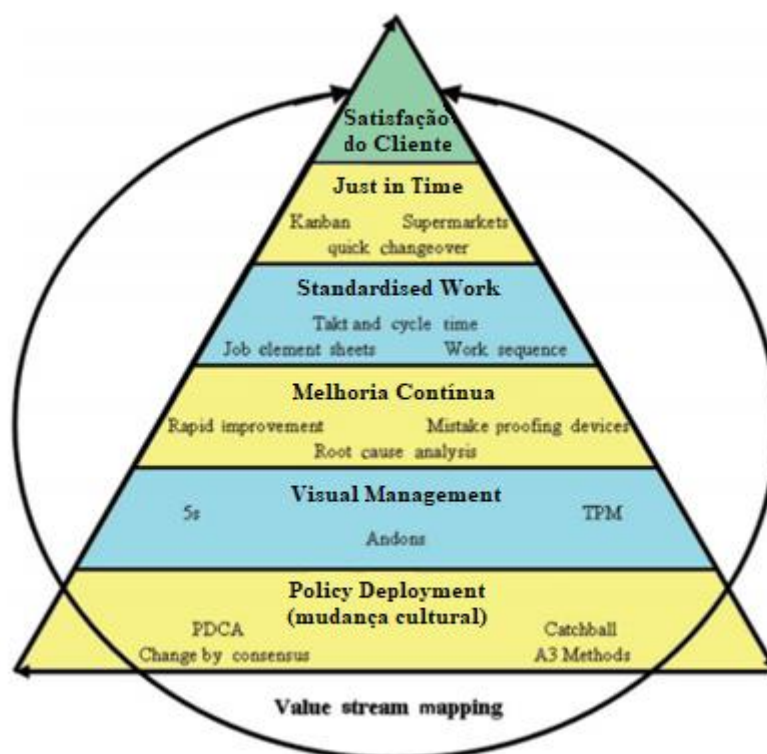


Figura 10 – Implementação do Modelo Proposto por Hodge, Ross, Joines, e Thoney. Fonte: Adaptado de Hodge *et al.* (2011).

Os autores do modelo, ainda no mesmo documento, apresentam a Figura 10 onde aplicam uma abordagem hierárquica para a aplicação do *Lean*, sendo que a satisfação do cliente surge no topo da pirâmide, e em que todos os seus métodos e ferramentas contribuem de forma geral para a sua melhoria. Esta aplicação deve ser iniciada pelo método de implantação de políticas, a fim de iniciar as mudanças culturais na organização e eliminar a resistência à mudança. De seguida segue o *Visual Management*, que tem como principal função criar uma base para que os processos fiquem mais estáveis; posteriormente sucede a melhoria continua que engloba os Métodos de Melhoria, os Métodos de Qualidade e o *Standard Work*, que permitem à organização que esta opere de forma normalizada e aperfeiçoe continuamente, atendendo constantemente aos requisitos dos seus clientes; e por último aparece o método JIT, que contribui para a diminuição dos desperdícios e possibilita que o produto seja entregue ao cliente no *timing* definido. Hodge, Ross, Joines, e Thoney (2011) defendem ainda que a ferramenta VSM pode ser aplicada a qualquer nível da pirâmide.

Após uma análise detalhada dos modelos apresentados anteriormente: Modelo de Feld; Modelo de Costa e Filho; Modelo de Belekoukias, Reyes, e Kumar; Modelo de Thomas e o Modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney, verificou-se que:

1. Modelo de Feld tem como principal objetivo suportar um programa sólido de manufatura *Lean* e, é formado por cinco métodos complementares entre si e compostos por várias ferramentas. Embora seja bastante completo, este modelo não contempla aspectos importantes para esta dissertação como o LSS, alguns métodos e ferramentas ligados à qualidade e melhoria contínua como *Jidoka* ou *Kaizen*, respetivamente, e não faz referência ao JIT nem ao ciclo PDCA, focando-se apenas em algumas das principais ferramentas do *Lean* e apostando em várias técnicas que as auxiliem;
2. Modelo de Costa e Filho, proposto com base em vários estudos na indústria hospitalar, divide e classifica as diferentes ferramentas do *Lean* em três métodos principais, como os métodos de avaliação, de melhoria e de monitorização, sendo no seu total composto por vinte e quatro ferramentas. Este modelo ainda que englobe a maioria das ferramentas mais referidas nas diversas revisões de literatura, apresenta uma incompleta classificação dos seus métodos, não fazendo referência a questões de qualidade nem de interesses do cliente.
3. Modelo de Belekoukias, Reyes e Kumar/Modelo de Thomas, são modelos semelhantes e consideram cinco métodos *Lean* como os principais a aplicar para melhorar o desempenho organizacional, em que o primeiro conta com a divisão em trinta e quatro ferramentas e técnicas auxiliares e o segundo com trinta e duas. Ambos são suportados pelos principais pilares da filosofia *Lean*, mas não consideram o *Lean Six Sigma* nem as ferramentas para uma correta implantação de políticas de tomada de decisão numa organização.
4. Modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney, com base em várias revisões de literatura, o autor propôs um modelo onde agrupou as várias ferramentas, associadas à filosofia *Lean*, em seis métodos principais, apresentados de forma completa e clara. A satisfação cliente surge no centro do modelo, e encontra-se diretamente ligada e dependente dos vários métodos e das vinte ferramentas e técnicas auxiliares constituintes.

Analisadas assim todas as vantagens e desvantagens dos quatro modelos enunciados acima, conclui-se que para esta dissertação, o modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney é o que parece ser mais adequado, visto que é um modelo constituído por todas as principais ferramentas e métodos *Lean*, sendo a sua divisão feita de forma explícita e direta. Além disso, este modelo difere dos restantes por apresentar na sua composição o foco para a satisfação do cliente, o que o torna bastante interessante e apelativo, pois como é do senso comum, as organizações dependem dos seus clientes, pois caso estes não estejam satisfeitos a empresa vai acabar por fracassar.

3.2.2. Métodos e Ferramentas *Lean*, de Acordo com o Modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney (2011)

Neste sub-capítulo, são apresentados os métodos e as ferramentas do *Lean* que o modelo de Hodge, Ross, Joines e Thoney (2011) evidencia, e cuja fundamentação de escolha está explanada no subcapítulo 3.2.1.

3.2.2.1. *Visual Management*

Como já referido anteriormente, a filosofia *Lean*, tem como principais objetivos criar valor e a reduzir os desperdícios no local de trabalho, utilizando vários métodos para eliminar esses desperdícios, sendo um dos mais eficazes o *Visual Management* uma vez que é a base de várias ferramentas do *Lean*, como os 5'S, o TPM, o *Andon*, etc. Este conjunto de ferramentas capacita os trabalhadores de modo a que estes possam gerenciar o seu próprio ambiente de trabalho, e torna as informações mais objetivas, lógicas e intuitivas para todos os que têm acesso a elas. Estas são transmitidas através de sinais visuais, como os painéis informativos e as delimitações de espaço, e não apresentadas em forma de texto, facilitando assim a sua compreensão por todas as partes envolvidas no projeto (Pinto, 2014; Singh e Kumar, 2020).

3.2.2.1.1. 5'S

Os criadores do TPS desenvolveram a ferramenta 5S, que tal como o nome indica, é constituída por cinco etapas (Figura 11), definidas de seguida, que permitem de um modo simples e prático proporcionar um espaço de trabalho limpo e organizado, de forma padronizada (Oliveira *et al.*, 2017).

1. **S – Seiri (Organização):** Numa fase inicial é fulcral que no local de trabalho seja feita uma revisão de todos os recursos, classificando-os nos que são ou não essenciais. Posto isto, de modo a organizar todo o meio envolvente deve proceder-se à remoção de tudo o que é considerado desnecessário, sendo que apenas permanecerá o imprescindível para a execução das atividades;
2. **S – Seiton (Arrumação):** Após o reconhecimento dos recursos fundamentais, deve ser efetuada uma rotulação de todos os materiais e áreas, de modo a permitir que a sua identificação seja feita de forma fácil e rápida, possibilitando uma diminuição do tempo de procura e simplificação dos processos;
3. **S – Seiso (Limpeza):** A limpeza da área de trabalho é essencial pois reduz o risco de acidentes, aumenta a produtividade e permite uma melhor inspeção dos produtos. Cada trabalhador deve, por isso, deixar o seu local de trabalho limpo todos os dias, para que todos os funcionários se sintam mais confortáveis num ambiente mais cuidado e organizado.
4. **S – Seiketsu (Normalizar):** Quando se implementa novos padrões, os velhos hábitos devem ser substituídos por comportamentos mais eficientes, sendo que numa primeira fase deve existir uma supervisão e fiscalização até que tudo se normalize e vire rotina. O desenvolvimento dos três S, apresentados anteriormente, devem ser assegurados através de normas, de modo a padronizar os materiais, os equipamentos, os postos de trabalhos, etc. A gerência deve também fornecer recursos visuais e enviar e-mails de forma a ajudar a implementar os novos hábitos.
5. **S – Shitsuke (Autodisciplina):** O último passo consiste no desenvolvimento de um mecanismo com o intuito de garantir que a técnica 5S seja seguida, ou seja, assegurar que os gerentes e os trabalhadores seguem todos os procedimentos no local de trabalho de forma rigorosa. A implementação dos 5S requer disciplina e foco, sendo geralmente

realizadas auditorias para garantir a sustentabilidade da ferramenta (Bullington, 2003; Filho *et al.*, 2017; Sangode, 2018).



Figura 11 – Etapas da Implementação da Ferramenta 5S. Fonte: Adaptado de Veres *et al.* (2018).

3.2.2.1.2. Manutenção Produtiva Total

A TPM é uma ferramenta projetada para eficácia global em que obter produtos de alta qualidade, maximizando o desempenho dos equipamentos sem que ocorra erros, se torna o seu objetivo. Como o nome indica, esta técnica pode ser dividida em três elementos principais: o “Total” que envolve todas as partes relacionadas com a organização, enfatizando o trabalho em equipa a fim de alcançar melhores resultados; a “Produtividade” em que todas as atividades referentes ou não ao TPM são executadas sem interferir na produtividade da empresa e, a “Manutenção” no qual o plano de manutenção mais eficaz à situação em causa deve ser seguido rigorosamente. O conceito TPM é então colocado em prática numa organização de forma faseada sendo que a OEE é a ferramenta utilizada para medir o sucesso da sua implementação (Bon e Ping, 2011; Singh *et al.*, 2013; Adesta *et al.*, 2018).

Para proceder à execução do TPM, este tem primeiramente de assentar numa base, a cultura dos 5’S, e aplicar posteriormente os oito pilares que o compõem, que estão descritos em seguida e representados na Figura 12.

Manutenção Autônoma: Os operadores devem ter condições para desenvolver as atividades de rotina como: limpeza; lubrificação; inspeção, etc. para diminuir as paragens não programadas, com o objetivo de aumentar a disponibilidade do equipamento em causa;

Melhorias Específicas: A melhoria específica inclui todas as atividades que visam maximizar a eficácia dos equipamentos e dos processos, através de uma rigorosa eliminação de desperdícios e de uma melhoria dos rendimentos;

Manutenção Planeada: Este pilar define um nível ideal de desempenho do equipamento, tendo como recurso a manutenção preventiva e preditiva. Para que possa haver um registo contínuo e preciso do desempenho da máquina, são utilizados bancos de dados, de forma a armazenar toda a informação;

Manutenção da Qualidade: O sistema é ajustado de forma gradual durante a implementação do TPM, o que faz com que ocorram menos variações ao longo de todos os processos, visto que se pretende que estes tenham uma qualidade estável de forma a atender sempre aos requisitos do cliente;

Educação e Treino: A organização tem a responsabilidade de elucidar os seus trabalhadores sobre a importância do TPM, para que estes possam operar da forma mais correta e eficaz. Assim este pilar torna-se fundamental, permitindo compreender qual o desempenho mais adequado dos processos, o funcionamento das máquinas e o rigor das normas impostas;

Segurança, Saúde e Meio Ambiente: A segurança e a higiene no trabalho são fatores cruciais, para que não ocorram acidentes, e consequentemente não surjam paragens nos processos. Posto isto, o local de trabalho deve então ser iluminado, arrumado e limpo e devem ser ainda definidos padrões que atendam aos regulamentos atuais para a indústria em questão;

Gestão Administrativa: De modo a implementar o TPM adequadamente, o departamento administrativo deve procurar criar condições ideais de trabalho, através da definição de estratégias de manutenção, da aquisição de equipamentos mais eficientes, do concedimento de formação aos operadores e da sua segurança no trabalho, após procederem à eliminação de desperdícios otimizando assim os processos;

Gestão de Desenvolvimento: Todo o conhecimento obtido durante a implementação do TPM, deve ser utilizado no desenvolvimento e aquisição de novos equipamentos, a fim

de obter uma melhor adaptação e assim poder alcançar rapidamente o melhor desempenho possível (Méndez e Rodriguez, 2017).

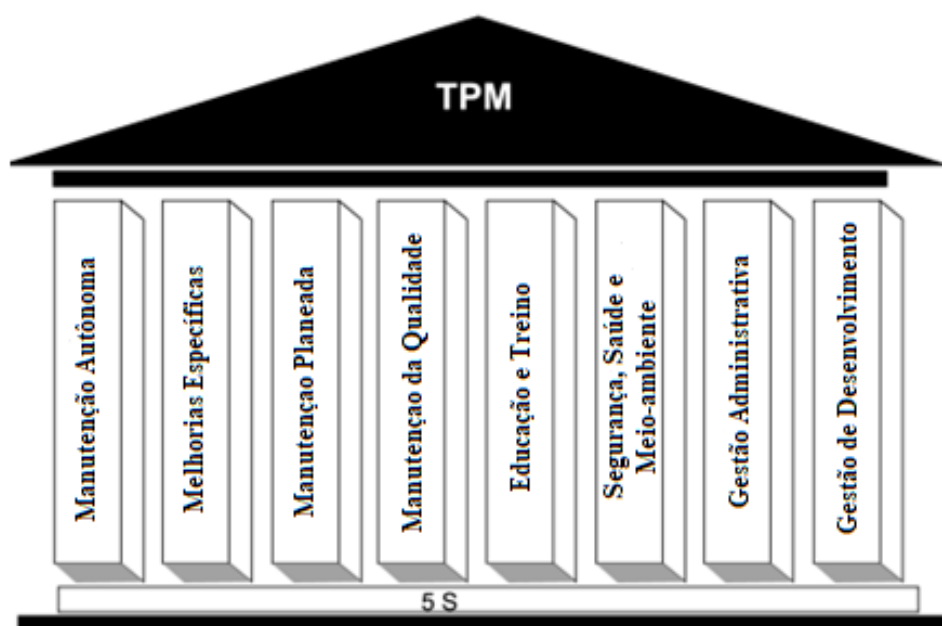


Figura 12 - Os Oito Pilares do TPM e Base 5S. Fonte: Adaptado de Singh *et al.* (2013).

3.2.2.1.3. *Andon*

O *Andon* é uma técnica desenvolvida por Sakichi Toyoda, um dos fundadores da Toyota Motor, que permite, com o auxílio visual através de luzes de advertência, notificar sobre a existência de um problema de qualidade ou de processo. Posto isto, deve-se esclarecer as áreas onde foram realizadas as ações, para que a progressão destas possam ser interrompidas e conseqüentemente que as falhas identificadas sejam mitigadas (Singh e Kumar, 2020; Ko e Kuo, 2020).

Para que esta ferramenta possa ser aplicada, é necessário que os equipamentos contenham sensores que detetem o erro, e que automaticamente o fabrico dos produtos seja suspenso, assim como as linhas de produção devem também estar preparadas com “cordões *Andon*” que permitem a paragem da linha pelos trabalhadores, caso estes encontrem alguma anomalia. Desta forma, o *Andon* facilita assim a implementação do pensamento *Lean*, favorecendo a comunicação entre todas as partes envolvidas (Silva e Baranauskas, 2000; Ko e Kuo, 2015).

3.2.2.2. *Policy Deployment*

Segundo vários autores, o sistema de implantação de políticas da Toyota, mais conhecido como *Hoshin Kanri*, é um dos principais métodos que continua a colocar a organização como um adversário fortíssimo a nível mundial. Este sistema, apoiado pelas ferramentas adequadas, esclarece quais os principais pontos onde a organização se deve focar, para poder atingir os objetivos estabelecidos e melhorar o seu desempenho global (Sisson e Elshennawy, 2014).

Para evitar reações indesejadas por parte dos trabalhadores e obter melhores resultados, os engenheiros da Toyota, apoiaram-se numa técnica denominada *Nemawashi*. Esta consiste em preparar com antecedência e cuidado novas propostas a serem implementadas, sendo que para isso é necessário primeiramente comunicar com todas as pessoas afetadas, para saber a sua opinião para de seguida se poder adaptar as possíveis mudanças, mantendo um ambiente de harmonia entre os funcionários (Sagi, 2015).

Também a técnica auxiliar *Catchball* facilita a implantação de políticas e promove a comunicação entre os diferentes níveis hierárquicos de uma organização, possibilitando a cada pessoa a oportunidade de contribuir e dar o seu parecer. É através desta comunicação que a gerência concede aos funcionários uma visão geral sobre os acontecimentos, para que estes fiquem mais conectados e entendam qual o seu papel e quais os objetivos da empresa (Jolayemi, 2008).

O recurso a relatórios A3 permitiu à Toyota uma transmissão de informação de forma visual e simples, sendo que estes podem ser de quatro tipos: de resolução de problemas; de análise competitiva; de propostas e de status (Liker e Morgan, 2006)

Segundo o autor do modelo, seguido ao longo da dissertação, uma correta implantação de políticas e uma comunicação eficaz entre gerência e os trabalhadores deve ser suportada pelas técnicas apresentadas anteriormente (*Nemawashi*, *Catchball* e *A3*), bem como pelo ciclo PDCA (Hodge *et al.*, 2011).

3.2.2.2.1. Ciclo *Plan-Do-Check-Act*

O ciclo PDCA, surgiu em 1930, em resposta a um mercado cada vez mais competitivo, onde a exclusividade passou para segundo plano, sendo a aposta na qualidade do produto cada vez mais primordial. Esta ferramenta utilizada na filosofia *Lean* pode também ser denominada como ciclo *Shewhart*, visto ser Walter A. Shewhart o criador desta, contudo pode igualmente ser chamada de ciclo Deming pois foi W. Edwards Deming que, em meados de 1950, a desenvolveu (Silva *et al.*, 2017).

A utilidade desta ferramenta foi rapidamente reconhecida quando aplicada para melhorar os processos organizacionais, e não apenas para controlar a qualidade dos produtos. Assim sendo, a principal finalidade deste ciclo é a procura pela melhoria contínua, focando-se na aprendizagem de modo a adquirir o conhecimento necessário (Vargas *et al.*, 2018).

Como representado na Figura 13, o ciclo PDCA pode ser dividido em quatro etapas essenciais para solucionar um problema sendo elas:

1. **Plan** – Como fase inicial, é de extrema importância definir os objetivos de modo a melhorar continuamente os processos, tendo em consideração possíveis mudanças na metodologia de trabalho. Posteriormente devem ser identificados os problemas, assim como as suas causas, podendo usar como ferramenta auxiliar o diagrama de *Ishikawa*, diagrama de *Pareto*, ou até mesmo *brainstorming*, com vista ao desenvolvimento de um plano de implementação para a resolução dos mesmos.
2. **Do** – O objetivo desta etapa é implementar voluntariamente o plano de ação anteriormente estabelecido, de forma a aumentar progressivamente a produtividade e a qualidade. Com o intuito de facilitar a execução desse plano devem ser utilizadas técnicas auxiliares como o *benchmarking*, fluxogramas ou folhas de verificação.
3. **Check** – Após colocar em prática o plano é fundamental analisar o resultado das ações, com recurso a gráficos de controle ou folhas de controlo, com a finalidade de verificar se os objetivos foram atingidos. Caso estes não tenham sido alcançados é necessário retomar ao início do ciclo, ou seja, à fase de planeamento.
4. **Act** – Se o plano for bem-sucedido, todas as atividades que o englobam devem ser padronizadas, usufruindo assim de práticas corretas; se não se contar o sucesso do

mesmo deve-se dar início a um novo ciclo e posteriormente devem ser definidos novos objetivos (Kocik, 2017).

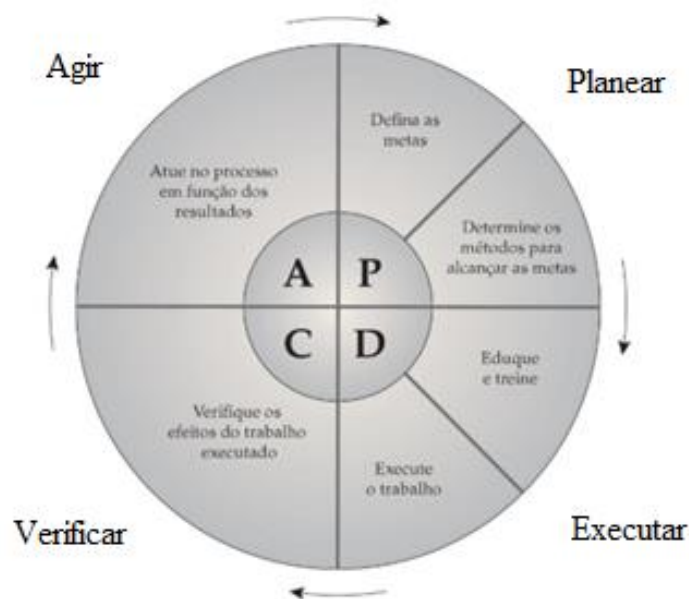


Figura 13 - Ciclo PDCA. Fonte: Adaptado de Werkema (2014).

3.2.2.3. Métodos da Qualidade

A fim de obter a excelência organizacional e uma correta implementação da filosofia *Lean*, são inúmeras as organizações que reconhecem a importância da gestão da qualidade na ajuda pela competitividade nos mercados. Os métodos de qualidade têm sido associados às indústrias de produção e de serviços, pois proporcionam melhorias aos processos, visto que permitem um cumprimento dos objetivos estratégicos definidos previamente, um maior controle dos custos e mais visibilidade da empresa. Para o autor do modelo, as principais ferramentas de qualidade a usar para alcançar o sucesso são *Jidoka*, *Poka-Yoke* e *Lean Six Sigma* (Hodge *et al.*, 2011; Thomas, 2018).

3.2.2.3.1. *Jidoka*

Introduzido na fábrica da Toyota por Ohno em 1988, o termo *Jidoka* tem origem japonesa e significa “automação”, ou seja, para poder aplicar esta técnica é necessário que sejam adquiridos equipamentos que detetem automaticamente problemas de produção, e que instantaneamente parem após a deteção dessa falha, facilitando assim a tarefa dos

trabalhadores quando tem de operar mais do que uma máquina em simultâneo. Por outro lado, os trabalhadores devem ter a capacidade de poder parar todos os processos envolvidos, assim que seja detetada uma anomalia, tal como quando observado o mau funcionamento do equipamento ou problemas na qualidade do produto (Paladugu e Grau, 2019; Lobo e Pinho, 2019).

Para implementar o *Jidoka* corretamente, devem ser seguidas as seguintes etapas básicas: (1) detetar o problema, (2) parar o processo ou processos envolvidos, (3) corrigir e restaurar o processo para a forma correta, (4) investigar a causa da raiz do problema e (5) pôr em prática contramedidas com o objetivo de eliminar todas as causas que levaram à paragem do equipamento (Uhlmann *et al.*, 2020).

3.2.2.3.2. Poka-Yoke

Errar faz parte da natureza humana e, como tal, em ambientes de produção onde os processos são controlados pelo trabalho humano é propício a ocorrência de erros, o que pode dar origem a resultados significativamente negativos para a empresa. Perante este panorama, Shigeo Shingo, um dos criadores do TPS, desenvolveu a técnica *Poka-Yoke*, para se eliminarem esses erros, com o objetivo de alcançar os “zero defeitos”, em que não é necessário um controlo de qualidade adicional (Lazarevic *et al.*, 2019; Wijaya *et al.*, 2020).

As palavras “*Poka*” e “*Yoke*” são de origem Japonesa e tem como significado “erro inadvertido” e “prevenir”, respetivamente. Posto isto, ao fazer uso desta ferramenta, é essencial identificar as possíveis falhas existentes, e aplicar medidas eficazes para as poder corrigir, de modo a poder executá-la corretamente. A maior parte das medidas são decididas em conjunto com os operadores oficinais, o que possibilita um menor custo de investimento inicial e uma maior facilidade na sua implementação (Pötters *et al.*, 2018). Segundo Pojasek (2020), esta técnica não é possível de empregar em todas as situações, contudo há casos onde se pode esperar o seu bom funcionamento, tais como onde a vigilância do trabalhador é fundamental, o posicionamento incorreto ou o desequilíbrio pode acontecer, os ajustes são necessários, as equipas precisam de ferramentas de senso comum, o controlo estatístico do processo torna-se difícil de aplicar ou é ineficaz, os atributos têm interesse e não as medidas, os custos de ensinamento e de rotatividade dos funcionários são elevados, a produção de modelos mistos é necessária e os custos de falhas externas excedem os das internas. Por outro lado, há situações onde a sua

aplicabilidade é menos eficaz, como é o caso de ambientes industriais com alta cadência de produção ou quando as mudanças ocorrem mais rápido do que a capacidade de resposta existente.

3.2.2.3.3. *Lean Six Sigma e Design For Six Sigma*

O *Six Sigma* (SS) foi desenvolvido, na década de 1980, por Bill Smith, um engenheiro reconhecido da Motorola, que se tornou popular nos anos 90 quando o chefe executivo da General Electric pode observar o seu sucesso, acabando por adotar e defender esta técnica na sua organização. Esta ferramenta foca-se na uniformização dos processos, ou seja, existe uma menor probabilidade de ocorrer uma falha. E deste modo verifica-se uma redução dos desperdícios e consequentemente dos custos, contribuindo assim para uma melhoria em termos financeiros e para um aumento da satisfação do cliente. Devido aos seus benefícios, o *Six Sigma* foi recentemente associado à filosofia *Lean* dando origem ao *Lean Six Sigma* (Näslund, 2008) (Gupta *et al.*, 2019).

O SS é baseado no ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), sendo o seu principal objetivo obter um número de defeitos inferior a 3.4 por cada milhão de produtos, isto significa que se tem de alcançar uma taxa de sucesso de 99,9997%. Este ciclo, à semelhança do PDCA, permite a resolução de problemas nos processos de forma mais detalhada através de cinco etapas principais, tais como: **Define** (Definir) – Definir objetivos e identificar os problemas; **Measure** (Medir) – Traduzir os problemas atuais numa forma mensurável e rever os objetivos que foram definidos; **Analyze** (Analisar) – Analisar e identificar os fatores que influenciam a qualidade nos processos críticos; **Improve** (Melhorar) – Elaborar e implementar um plano com os ajustes adequados para melhorar a qualidade dos processos críticos; **Control** (Controlar) – Verificar os resultados obtidos após a implementação do plano de controlo para garantir a sustentabilidade das melhorias impostas (Pepper e Spedding, 2010; Mast e Lokkerbol, 2012; Sony *et al.*, 2020).

O método DFSS, acrónimo de *Design for Six Sigma*, embora pareça separado do SS, não o é. Enquanto o SS enfatiza a melhoria do processo para alcançar níveis mais altos de qualidade nas fases inerentes à produção, o DFSS concentra-se maioritariamente nas fases de planeamento/projecto da produção, utilizando as técnicas DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design Verify*). O DFSS é então uma técnica rigorosa de planeamento/projecto, que permite criar processos que superam as expectativas do cliente, desenvolvendo

produtos e serviços de excelência. Esta ferramenta possibilita também uma redução de desperdícios em relação ao SS, tal como é mostrado na Figura 14, pois torna-se mais fácil agir nas fases de planejamento/projeto, e não quando o produto ou serviço já se encontra em comercialização no mercado (Martins *et al.*, 2018; Jenab *et al.*, 2018).

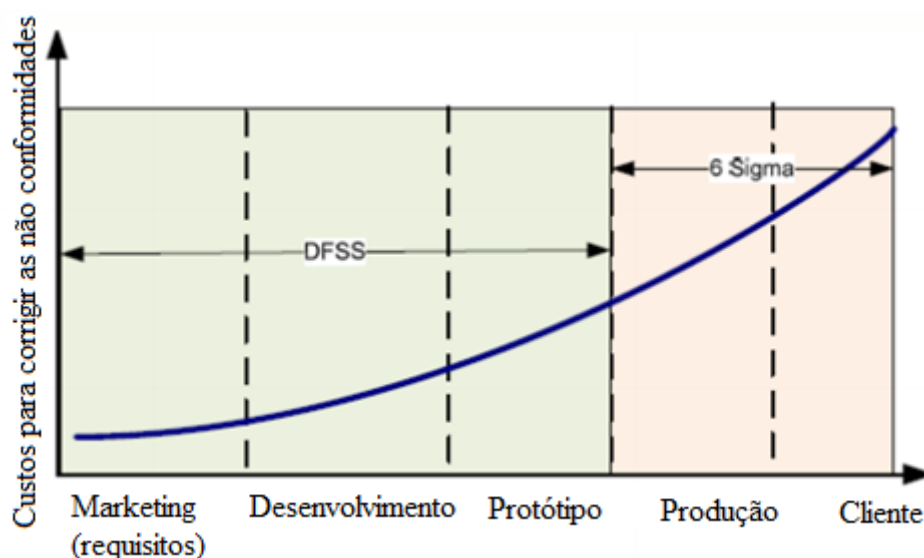


Figura 14 - Comparação entre SS e DFSS. Fonte: Adaptado de Martins *et al.* (2018).

3.2.2.4. *Standard Work*

Desenvolvida por Taiichi Ohno no Japão, em meados dos anos cinquenta, o *Standard Work*, também designado de Trabalho Normalizado, foca-se em eliminar as variações que existem nos processos. Este método é essencial para a melhoria contínua, pois facilita a mudança de padrões mais elevados, no sentido de padronizar a documentação e a execução de todas as operações do trabalhador e da máquina, bem como todas as movimentações (Lu e Yang, 2015; Oliveira *et al.*, 2017).

O método padrão do *Standard Work* consiste essencialmente na abordagem de três elementos chave, em que a palavra normalizar aplica-se aos tempos de ciclo que são imperativos para a produção de um produto, à sequência de um ciclo, como o conjunto de tarefas que o operador executa repetidamente e consistentemente a longo prazo, e por último ao *Work In Process* (WIP), ou seja, à quantidade mínima de *stock* que é necessária (Ribeiro *et al.*, 2019).

Segundo Nicholas (2012), o trabalho normalizado refere-se então à forma mais eficaz de realizar as tarefas, instruindo aos trabalhadores a melhor maneira de executar as atividades de fabricação, seguindo claramente os procedimentos previamente definidos.

3.2.2.5. *Just in Time*

O *Just-in-Time* (JIT) começou por ser utilizado no Japão na fábrica da Toyota, na década de 1960, expandindo-se para o resto do mundo em 1980, sendo ainda hoje considerado um método de grande importância em inúmeros setores industriais. Este método, baseado no sistema *pull*, é uma abordagem *Lean* que permite a entrega dos materiais necessários dentro do prazo, no local correto e com a quantidade e qualidade requerida, permitindo assim uma redução de *stocks*, uma melhoria na eficiência e uma resposta rápida às mudanças impostas (Paladugu e Grau, 2019; Hussein e Zayed, 2020; Lyu *et al.*, 2020). Os autores Hodge, Ross, Joines e Thoney (2011), na construção do modelo de classificação das várias ferramentas *Lean*, considerou que o método JIT é suportado pelas ferramentas *Kanban*, *Heijunka*, *SMED* e *Cellular Manufacturing*.

3.2.2.5.1. *Kanban*

A palavra *Kanban* é de origem japonesa que, quando traduzida tem como significado “cartão” ou “sinal”. Em ambiente fabril, o sistema *Kanban* é utilizado para o controlo da produção, onde a existência dos cartões ou sinais permite obter diversos tipos de informações, como o tipo de trabalho, a quantidade de peças a transportar, entre outras, tal como representado na Figura 15. A Toyota Motor desenvolveu o sistema *Kanban*, inicialmente enquadrado no TPS, contudo devido ao seu sucesso foi rapidamente adotado por outras instituições. Esta técnica está interligada com a produção JIT, cujo objetivo é a diminuição dos desperdícios, sendo o principal a eliminação dos stocks, que possam advir da produção (Chang e Yih, 1994; Rahman *et al.*, 2013).

A ferramenta *Kanban* é caracterizada pela facilidade na sua utilização, visto que todos os recursos estão devidamente identificados com o respetivo cartão. Posto isto, a utilização deste sistema possibilita que o processo posterior obtenha os materiais necessários do anterior, de forma a produzir na quantidade e na sequência indicada no cartão. Assim, permite-se que as ordens de fabrico sejam afixadas diretamente nas matérias primas,

facilitando todos os processos, com a finalidade de melhorar a produtividade organizacional (Argenta e Oliveira, 2001).

Cartão de identificação Kanban	
ID do produto	
Descrição e Especificação do Produto	
Fornecedor	
Cliente	
Quantidade / Peso recebido	
Número do Contentor	
Destino	

Figura 15 – Exemplo de Cartão *Kanban*. Fonte: Adaptado de Houti *et al.* (2017).

Apesar do sistema tradicional ser bastante reconhecido, existem várias limitações, como a distância física, os cartões extraviados, bem como a manipulação dos mesmos, que levaram à criação do sistema *E-Kanban* ou *Kanban* Eletrônico, possibilitando assim uma melhor interação e comunicação entre clientes e fornecedores (Houti *et al.*, 2017).

3.2.2.5.2. Produção Nivelada

Criada na Toyota, a produção nivelada, também conhecida como *Heijunka*, permite balancear o tipo e a quantidade de produção de um produto num determinado intervalo de tempo, evitando assim a criação de grandes *stocks* e lotes, com a garantia que a resposta à procura do cliente seja realizada de forma eficaz. Posto isto, é calculado um *stock* padrão de produtos proporcional ao grau de variabilidade de pedidos dos clientes, à estabilidade do processo de produção e à frequência de envios dos produtos, produzindo assim pequenos lotes de vários modelos diferentes na mesma linha, suavizando a produção e reduzindo os custos. Esta ferramenta é especialmente aplicável em empresas onde o produtor tem uma quantidade de pedidos altamente variável do(s) produto(s) de dia para dia, semana para semana ou mês para mês (Shook, 2008; Jones, 2016).

Para uma correta implementação da produção nivelada, é importante seguir alguns requisitos, tais como: nivelar os produtos mais procurados, devendo ser estabelecido a frequência e o tamanho dos intervalos de produção; os tempos de *setup* devem ser os

mínimos possíveis; a frequência de produção e o *stock* final devem ser bem definidos e todo o trabalho deve ser normalizado (Hüttmeir *et al.*, 2009).

3.2.2.5.3. *Single Minute Exchange of Die*

A redução do tempo de *setup* é uma das chaves para se conseguir obter vantagem competitiva no setor industrial. Para tal, o conceito SMED é o acrónimo de “*Single Minute Exchange of Die*”, que pode ser definido como uma ferramenta que permite realizar o processo de *setup* num período inferior a dez minutos, ou seja, essa duração ocorre em um número de minutos expresso em apenas um dígito (Shingo, 1985; Ferradás e Salonitis, 2013).

Esta ferramenta, desenvolvida por Shigeo Shingo, é constituído por quatro etapas Figura 16:

- *Stage 0* - Numa fase preliminar, as atividades de *setup* ainda não estão identificadas nem separadas, tornando-se necessário realizar um estudo em que o seu objetivo é perceber qual a melhor forma de implementar o sistema SMED, começando por conhecer e perceber o funcionamento das operações fabris;
- *Stage 1* - A primeira fase do SMED é a mais importante, pois é onde ocorre a divisão de todas as atividades de *setup* internas, que englobam as que apenas podem ser realizadas quando a máquina está desligada e, as externas, que incluem as que podem ser executadas durante o seu período de funcionamento normal;
- *Stage 2* - Após a separação das atividades efetuada na primeira etapa, é fulcral desenvolver formas para poder converter o que é interno para externo, com o fim de interromper o funcionamento da máquina o menor número de vezes possível. Este procedimento remete para uma necessidade de averiguar novamente todas as operações de *setup*, de modo a perceber se todas as atividades foram bem classificadas, e que nada tenha sido identificado como interno e na verdade poderia ser externo;
- *Stage 3* – Numa última fase, depois de aplicadas todas as outras etapas, é expectável que o *Single-Minute* seja alcançado, contudo podem existir alguns casos em que isso não se verifique. Posto isto, devem ser analisadas todas as operações elementares, de forma a otimizá-las, com o objetivo de minimizar todos os tempos não produtivos que se são considerados como desperdícios (Shingo, 1985) (Ferradás e Salonitis, 2013).

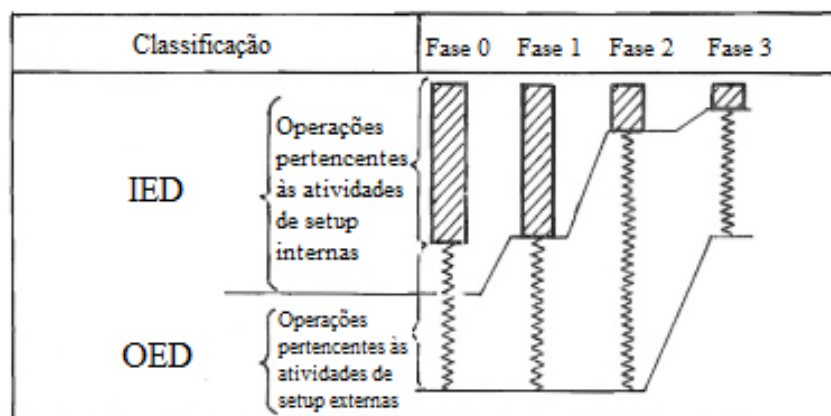


Figura 16 – As Diferentes Fases da Ferramenta SMED. Fonte: Adaptado de Shingo (1985).

3.2.2.5.4. *Cellular Manufacturing*

O conceito *Cellular Manufacturing* consiste na divisão do sistema de produção em pequenos subsistemas conhecidos como “células”, ou seja, as máquinas com a mesma ou semelhante funcionalidade são agrupadas no mesmo departamento, facilitando o deslocamento de peças que precisem de vários processos em diversas máquinas. Posto isto, é possível produzir uma ampla variedade de produtos com o mínimo desperdício possível, contrariamente ao que ocorre no sistema tradicional, onde o ambiente fabril é dividido em vários departamentos sendo que os equipamentos e os processos são agregados em diferentes estações (Metternich *et al.*, 2013; Ayough e Farhadi, 2019).

Esta ferramenta é especialmente direcionada para organizações onde a variedade e o volume de produção são elevados, uma vez que para aplicar um *layout* celular, representado na Figura 17, devem ser colocadas quatro etapas essenciais, descritas de seguida:

- A célula deve ser projetada no sentido anti-horário, para propiciar a utilização da mão direita;
- As máquinas devem estar próximas entre si, mas sempre em segurança;
- A última estação deve ser relativamente próxima do ponto de partida;
- As células devem seguir a forma de U, C ou L para que o operador se movimente o menor número de vezes possíveis, de modo a rentabilizar tempo e aumentar assim a

produção. Contudo esta aplicação depende das condições da organização e do espaço disponível (Thammatutto e Charoensiriwath, 2011).

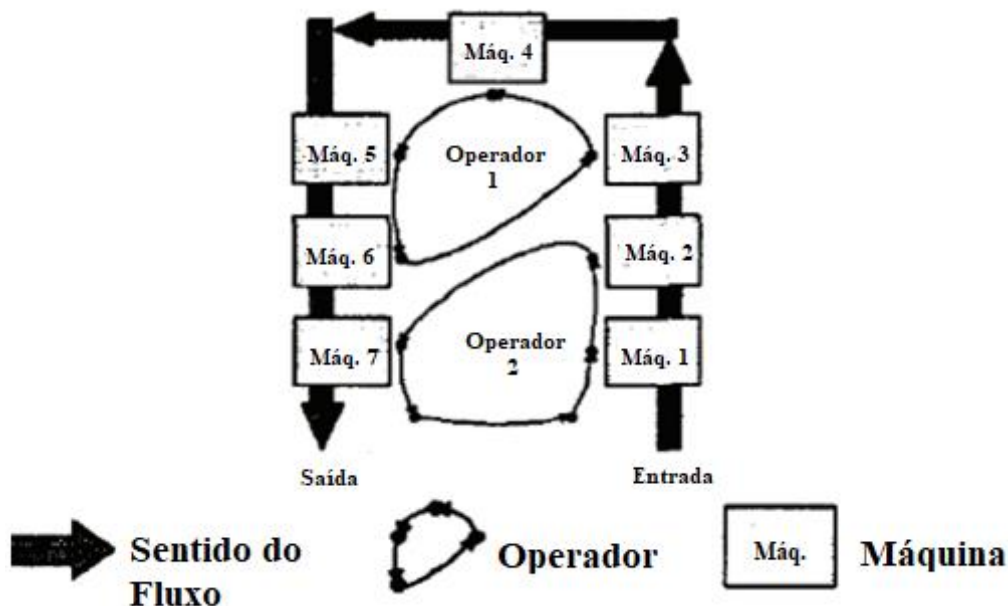


Figura 17 – Exemplo de Aplicação da Manufatura Celular. Fonte: Adaptado de Thammatutto e Charoensiriwath (2011).

3.2.2.6. Métodos de Melhoria

A melhoria contínua representa uma das estratégias que mais influência tem no alcance pela excelência na produção e organizacional, sendo considerada um fator chave de sucesso empresarial em mercados competitivos. Este método requer esforço de melhoria de todas as partes ligadas à as ferramentas *Kaizen* e VSM, como sendo os principais impulsionadores de estratégias de expansão empresariais (Singh e Singh, 2009; Hodge *et al.*, 2011).

3.2.2.6.1. *Kaizen*

Em 1986, Masaaki Imai aprofundou o conceito japonês *Kaizen* que é derivado das palavras “*Kai*” e “*Zen*”, que significam “mudança” e “para melhor”, respetivamente, tendo como resultado uma definição de melhoria contínua. Esta ferramenta consiste em retirar o máximo proveito de todas as técnicas de melhoria, que servem de suporte para

obter a excelência operacional, sendo por isso considerada como a ferramenta basilar de processos de melhoria contínua (Darlington *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2018).

O *Kaizen* pode ser dividido em três principais características, sendo elas:

- Orientação dos processos: o principal foco deve ser a criação de processos sólidos, e não a análise dos resultados, não sendo estes menos importantes, visto que a consequência de uma melhoria nos processos é a aquisição de bons resultados. Para que se atinja o sucesso, a gestão de topo deve proporcionar um treino adequado, estimular e apoiar os seus funcionários no trabalho executado, pois são estes os responsáveis pela maioria dos processos durante a produção;
- Pequenas melhorias padronizadas: de modo a contribuir para um melhor desempenho organizacional deve ser criado um método de trabalho *standard*, com o intuito de reforçar o mecanismo de aprendizagem, através da transmissão de conhecimentos de outros trabalhadores mais experientes, aumentando assim a disciplina e a responsabilidade de todas as partes envolvidas na execução das diferentes operações;
- Orientação das pessoas: para que uma empresa possa alcançar os seus objetivos, é necessário que envolva todas as pessoas que nela trabalham, desde os operadores oficinais até aos gestores de topo. Deste modo, é crucial que a organização melhore as condições e os métodos de trabalho, as rotinas e a disponibilidade dos recursos com o fim de aumentar a motivação dos trabalhadores (Berger, 1997) (Rossini *et al.*, 2019).

3.2.2.6.2. Value Stream Mapping

A técnica *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento de Fluxo de Valor, foi desenvolvida pelos engenheiros da *Toyota* e criadores do TPS e, tornou-se popular por Rother e Shook em 1999, quando escreveram o livro “*Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*”. Esta ferramenta consiste num mapeamento dos fluxos (Figura 18) no processo em estudo, desde o fornecedor da matéria prima até à entrega ao cliente, tendo como principal objetivo a eliminação de atividades que não acrescentam valor. Quando utilizada, esta permite supervisionar os fluxos de valor em todo o processo, detalhar e especificar os tempos de ciclo, conhecer a razão entre as atividades que não acrescentam e as que adicionam valor ao longo dos processos e, por

último, identificar quais as fontes de desperdício existentes (Shou *et al.*, 2017; Kihel *et al.*, 2019).

A aplicação do VSM divide-se nas seguintes etapas:

1. Primeiramente é elaborado o VSM atual, sendo o seu propósito a identificação e o agrupamento de todas as atividades que agregam valor e as que não agregam qualquer valor;
2. O VSM é desenvolvido como inicialmente idealizado, contudo é necessário analisar o mapa atual, para se poder encontrar possíveis lacunas não observadas preliminarmente e rever quais as áreas onde se possa efetuar possíveis melhorias (ex: *stocks*, elevados tempos de ciclo, etc.);
3. O mapa do estado futuro é projetado de acordo com a filosofia *Lean* com o intuito de eliminar as atividades que não acrescentam valor;
4. Por fim, deve-se proceder a uma análise rigorosa dos resultados obtidos após a aplicação do VSM ideal, e tentar perceber se foram ou não atingidas as metas que no início foram impostas. Quantificar os tempos de ciclo, os *stocks*, etc., torna-se fulcral para verificar se existiu uma redução significativa dos mesmos (Jeong e Yoon, 2016).

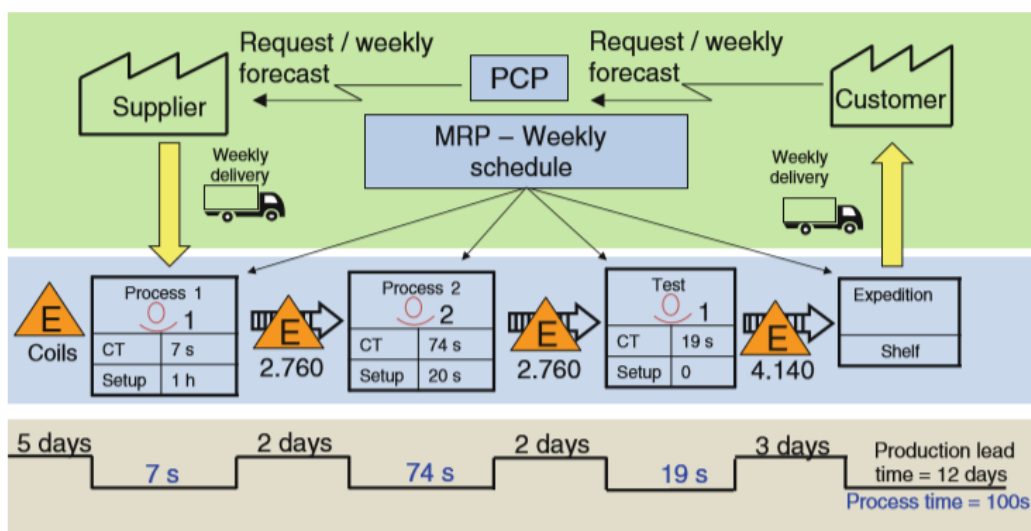


Figura 18- Exemplo de Aplicação da Ferramenta VSM. Fonte: Forno *et al.* (2014).

3.2.3. Outras Ferramentas *Lean*

Para além dos métodos e ferramentas, que constituem o modelo escolhido que foi seguido como referência ao longo da dissertação, foram consideradas ainda as ferramentas: TQM; OEE e *Gemba Walk*, que são igualmente importantes para a caracterizar a filosofia *Lean* e para a análise realizada no capítulo 4 desta dissertação.

3.2.3.1. *Total Quality Management*

A procura pela melhoria contínua e pela qualidade, foram fatores chaves que levaram as organizações a controlar todos os processos, após o aumento das exigências por parte dos clientes e da competitividade empresarial a nível global. De forma a otimizar tais desafios, é proposto a abordagem *Total Quality Management* (TQM), definida como uma gestão de qualidade que é aplicável em todas as fases das operações, ou seja, vai desde o planeamento até à examinação do produto final, sendo que se tem sempre em consideração possíveis melhorias. Pode ser difícil encontrar uma definição universal para esta ferramenta, visto que existe uma discrepância sobre o seu conceito entre diversos autores. No entanto, a participação de todas as partes envolvidas (*stakeholders*), a melhoria contínua e a satisfação do cliente, constituem a base dessas denominações (Anvari *et al.*, 2011; Hietschold *et al.*, 2014).

Segundo Wilkinson e Witcher (1993), o acrónimo TQM tem como significado:

Total (Total) – A primeira letra do acrónimo representa a participação de todos os funcionários ligados à organização em prol de objetivos comuns, sendo que o foco deve ser a melhoria contínua, e para isso, é fundamental manterem-se os bons relacionamentos e o saber trabalhar em equipa;

Quality (Qualidade) – Ao utilizar esta ferramenta, o objetivo é satisfazer todos os requisitos do cliente, para isso são acordadas especificações com o mesmo, que permitem ao fornecedor medir o nível de satisfação e de desempenho;

Management (Gestão) – Para implementar o TQM, é necessário que as partes responsáveis pela liderança do projeto criem condições para a garantir a qualidade total, sendo que, é essencial ter uma boa infraestrutura capaz de apoiar uma gestão organizacional holística e não de forma compartimentada.

3.2.3.2. Overall Equipment Effectiveness

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) foi desenvolvido pelo Japonês Nakajima, em 1988, e é considerado um indicador de eficiência global podendo ser utilizado como um medidor de fiabilidade da linha de produção. A aposta desta ferramenta passa por aperfeiçoar individualmente os equipamentos, para consequentemente melhorar a sua eficácia e assim aumentar a produção, indicando quais os resultados obtidos relativos à produtividade de todos os equipamentos, bem como as atividades que devem ser melhoradas. Posto isto, o OEE é também um auxílio ao TPM e um dos seus pilares, mais precisamente o correspondente às melhorias específicas (Oliveira *et al.*, 2017).

Para efetuar o cálculo do OEE de um equipamento, é necessário ter em conta o agrupamento das seis grandes perdas, incorporadas em três grupos distintos:

- o primeiro grupo corresponde às perdas que afetam a disponibilidade da máquina, como as paragens que ocorrem devido a avarias, que como consequência requerem tempo para proceder à sua reparação e, as paragens do equipamento que são necessárias para efetuar as devidas configurações e os seus ajustes;
- o segundo grupo refere-se às perdas associadas ao desempenho do equipamento, como as paragens ocasionais onde a máquina deixa de operar por um curto período, contudo não é necessária intervenção por parte dos responsáveis da manutenção e, as perdas relativas à velocidade do equipamento não ser a correta devido ao desgaste das ferramentas ou à sua má utilização;
- o terceiro grupo diz respeito às perdas relacionadas com a qualidade, como os produtos que apresentam defeitos e necessitam de retrabalho, bem como, todos os defeitos que derivam do arranque da máquina até que esta estabilize.

A equação que traduz o índice de eficiência global da ferramenta é então, a multiplicação das três bases das seis perdas, isto é, a disponibilidade, o desempenho e a qualidade.

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

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{T. Execução (Tempo de Produção - Paragens)}}{\text{T. de Produção}} \times 100$$

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{T. de ciclo ideal} \times \text{N}^{\circ} \text{ de Unidades Produzidas (output)}}{\text{T. de Execução}} \times 100$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças sem Defeito}}{\text{Total de Peças Produzidas}} \times 100$$

O OEE representa o desempenho geral do equipamento, logo quanto maior for o seu valor, melhor será o desempenho do equipamento. O valor do cálculo deve variar de 0% a 100%, caso este valor seja excedido significa que os cálculos estão incorretos ou que os padrões estabelecidos são muito baixos (Pintelon e Muchiri, 2008; Almeanazel, 2010).

3.2.3.3. *Gemba Walk*

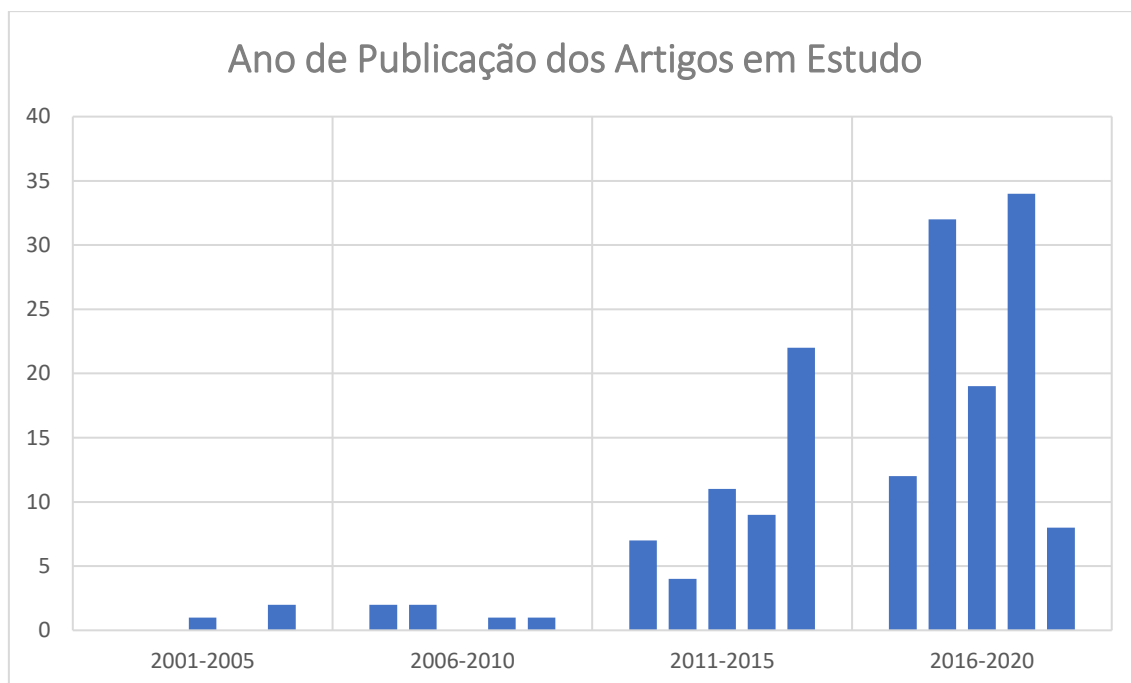
A palavra *Gemba* tem origem japonesa, e refere-se ao lugar onde é agregado valor ao produto, sendo que este pode ser considerado, por exemplo, o *layout* que corresponde à área de produção num determinado tipo de indústria. Através deste conceito, foi possível desenvolver a ferramenta *Gemba Walk* que diz respeito a um princípio de liderança, remetendo aos líderes e supervisores de uma organização a sua deslocação às instalações onde ocorre a produção, com a finalidade de poderem observar e compreender todos os processos a esta associados. As regulares deslocações ao *Gemba* permitem identificar as causas dos problemas, ao estabelecer uma melhor comunicação com os operários, e tomar medidas antecipadamente para que os erros não voltem a acontecer (Nestle, 2013; Aij e Teunissen, 2017).

4. Análise Quantitativa dos Estudos Científicos sobre *Lean* Publicados entre 2001 e 2020

Como referido no Capítulo 3, foram incluídos nesta revisão 194 estudos de caso, com datas de publicação entre 2001 e 2020, que evidenciam os benefícios da utilização das várias ferramentas *Lean*, em conjunto ou a solo, nos diferentes tipos de indústria. Os dados do estudo foram registados com recurso à ferramenta *Excel* e encontram-se detalhadamente no Anexo A.

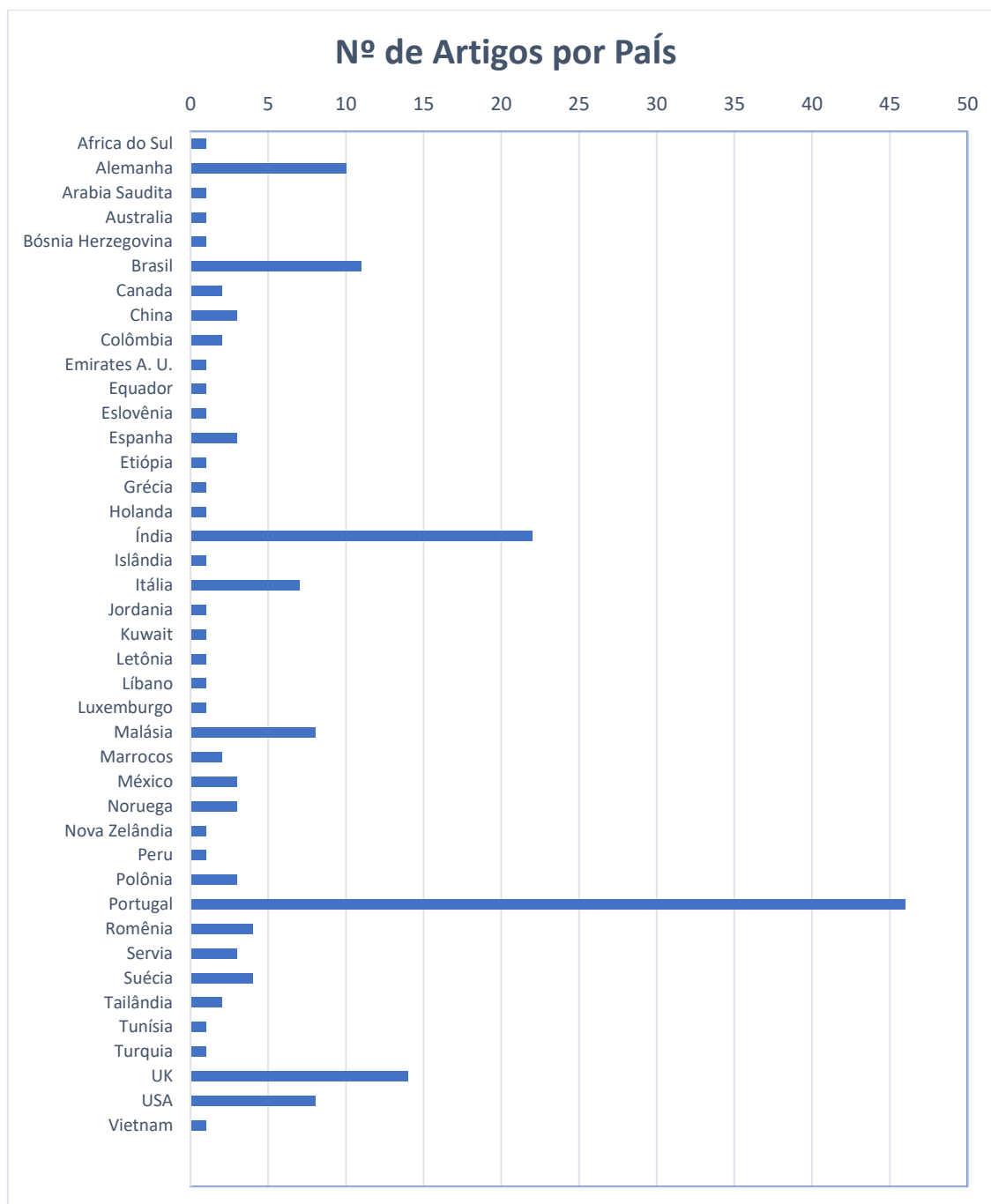
O Gráfico 1 mostra a evolução da produção científica sobre estudos de caso de aplicabilidade do *Lean* ao longo do tempo, na amostra recolhida de 194 artigos. Na análise efetuada sobre os mesmos, foram contabilizados 9 artigos da década de 2000 o que representa 4,6% relativamente ao total de artigos do estudo, sendo que após 2010 todos os anos possuem no mínimo 4 publicações. Entre 2016-2020 foram considerados 105 artigos o que representa 54,1% dos artigos totais, sendo que o pico de publicações consideradas para o estudo ocorre entre 2017 e 2019, com 85 casos o correspondente a 43,8% da totalidade. O que significa que nos últimos cinco anos a publicação de estudos de caso, onde a aplicabilidade do *Lean* foi bem-sucedida tem vindo a aumentar, sendo expectável que devido aos resultados positivos obtidos pelos diversos autores o aumento seja cada vez maior.

Gráfico 1 – Nº de Estudos de Caso Elegidos da Aplicação do *Lean* (2001-2020).



Foram considerados artigos com estudos de caso das diferentes bibliotecas eletrônicas, selecionados por ordem decrescente de relevância do tema e número de citações de diversos países. O Gráfico 2 qualifica a amostra de artigos de acordo com o país de origem de cada estudo. Foram contabilizados 41 países, onde 23,7% dos estudos de caso derivam de Portugal, seguido de 11,3% da Índia, 7,2% U.K., 5,7% do Brasil e 5,2% Alemanha, todos os restantes países considerados apresentaram um nº de artigos inferior a 10 o que significa uma percentagem inferior a 5% da amostra total.

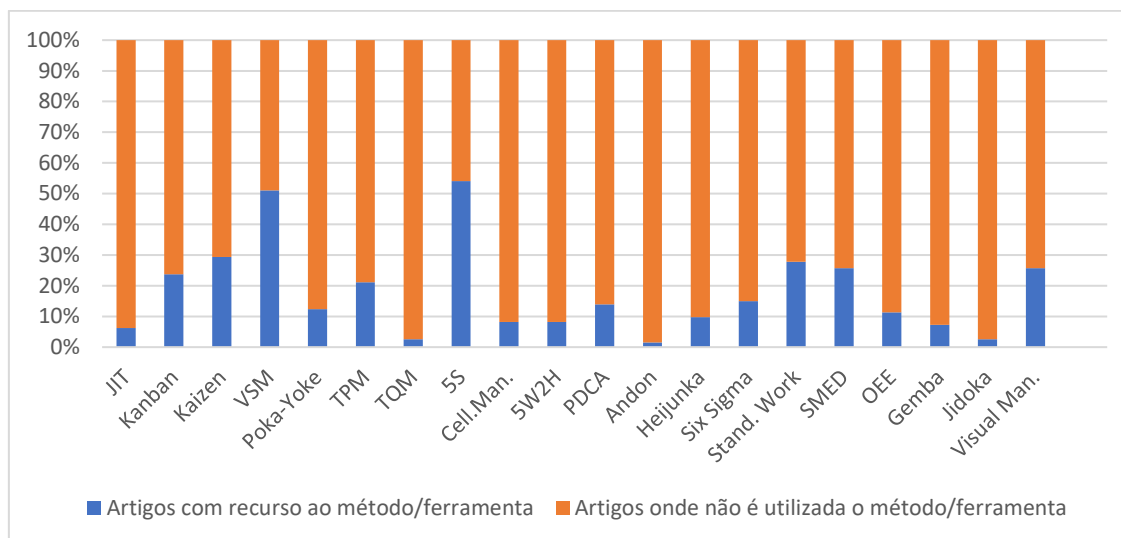
Gráfico 2 – Nº de Artigos Elegidos de Acordo com o País de Origem de Estudo de Caso.



Da amostra recolhida de 194 casos verificou-se que, dos 20 métodos e ferramentas considerados, a aplicabilidade é bastante variável. As ferramentas 5S e VSM são as mais utilizadas a solo pelos autores dos vários estudos, estando ambas presentes em mais de 50% dos artigos, seguindo-se as ferramentas *Kanban*, *Kaizen*, TPM, *Standard Work*, SMED e *Visual Management* presentes em 20% a 50% dos estudos totais, todas as restantes ferramentas JIT, *Poka-Yoke*, TQM, *Cellular Manufacturing*, 5W2H, PDCA,

Andon, *Heijunka*, *Six Sigma*, *OEE*, *Gemba* e *Jidoka*, apresentam percentagem abaixo de 20% sendo por isso as menos utilizadas, tal como ilustra o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Percentagem de Utilização de Cada Método/Ferramenta.



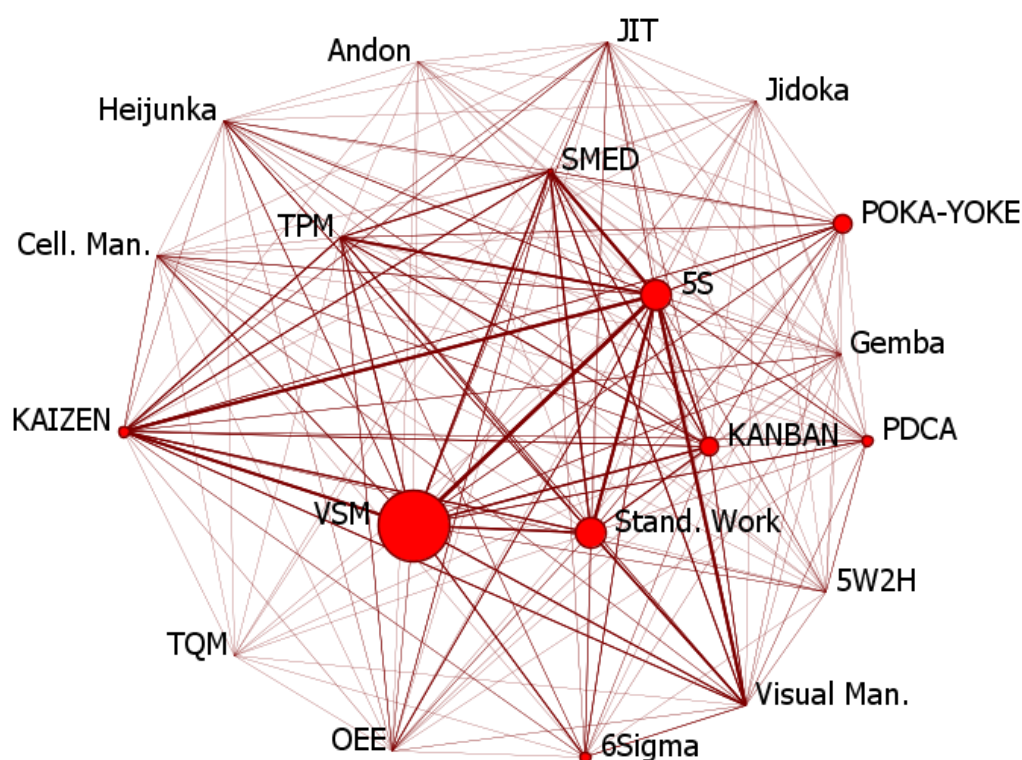
A fim de verificar a veracidade dos dados recolhidos, foi feita uma pesquisa na plataforma *Scopus* sobre os autores que mais contribuíram para este estudo, com o intuito de conhecer um pouco mais do seu trabalho à cerca do *Lean* e da sua aplicabilidade. Os resultados da investigação são apresentados na Tabela 2, onde é possível observar que Francisco Gomes da Silva é o autor com mais estudos de caso, com 20 estudos e uma totalidade de artigos escritos sobre a filosofia *Lean* de 49, seguindo-se de Luis Pinto Ferreira com 15 e uma totalidade de 32, Maria Teresa Ribeiro com 11 e uma totalidade de 14, José Carlos de Sá com 11 e uma totalidade de 13. Também foi investigado sobre outros autores, não menos importantes, que contribuíram para esta investigação com casos estudos *Lean*, mas que na generalidade divergem noutras temáticas como é o caso de Carina Pimentel, Gilberto Santos e João Carlos Oliveira Matias que contam com 4 artigos cada neste estudo, seguindo-se de Raul Campilho e Alexandra Tenera com 3, Helena Navas e Conceição Rosa com 2, José Requeijo, António Abreu e António Grilo com 1, entre muitos outros.

Tabela 2 – Autores com Maior Contribuição para a Análise em Causa.

Autor	Nº publicações. no estudo	Nº de Artigos publicados pelo autor entre 2015-2019 em <i>Lean</i> e respectivas temáticas (dados retirados do Scopus)
Francisco Gomes da Silva	20	49 artigos 27 - <i>Lean Manufacturing; Value Stream Mapping (VSM); Kaizen</i> 10 - <i>Total Productive Maintenance (TPM); Maintenance Management; Manufacturing Performance</i> 6 - <i>Setup Times; Dies; Kaizen</i> 5 - <i>Total Quality Management (TQM); Ciclo DMAIC; Six Sigma (SS)</i> 1 - <i>Lean Production; Manufacturing Organizations</i>
Luis Pinto Ferreira	15	32 artigos 16 - <i>Lean Manufacturing; Value Stream Mapping (VSM); Kaizen</i> 7 - <i>Total Productive Maintenance (TPM); Maintenance Management; Manufacturing Performance</i> 4 - <i>Setup Times; Dies; Kaizen</i> 4 - <i>Total Quality Management (TQM); Ciclo DMAIC; Six Sigma (SS)</i> 1 - <i>Kaizen; Lean Production; Manufacturing Organizations</i>
Maria Teresa Ribeiro Pereira	11	14 artigos 6 - <i>Lean Manufacturing; Value Stream Mapping (VSM); Kaizen</i> 4 - <i>Total Productive Maintenance (TPM); Maintenance Management; Manufacturing Performance</i> 2 - <i>Total Quality Management (TQM); Ciclo DMAIC; Six Sigma (SS)</i> 1 - <i>Kaizen; Lean Production; Manufacturing Organizations</i> 1 - <i>Setup Times; Dies; Kaizen</i>
José Carlos Sá	11	13 artigos 8 - <i>Lean Manufacturing; Value Stream Mapping (VSM); Kaizen</i> 2 - <i>Total Quality Management (TQM); Ciclo DMAIC; Six Sigma (SS)</i> 2 - <i>Setup Times; Dies; Kaizen</i> 1 - <i>Total Productive Maintenance (TPM); Maintenance Management; Manufacturing Performance</i>

Com recurso ao *software* ORA, foi elaborado um grafo com base na matriz presente no Anexo B, que diz respeito à interação das diferentes ferramentas do *Lean* nos diversos artigos em estudo, isto é, foram considerados todos os cruzamentos existentes entre métodos e ferramentas em cada estudo de caso, e registados numa matriz quadrada com recurso ao *Excel*. A diagonal principal da matriz diz respeito aos casos em que os autores referem apenas uma ferramenta ou método, e é representada pelos nós do grafo, sendo que para a combinação de diferentes métodos/ferramentas foram gerados segmentos de reta, representado no Gráfico 4. O diâmetro dos nós representa o número de vezes que os métodos ou ferramentas foram utilizados a solo, nos 194 artigos analisados, e a espessura dos segmentos de reta, correspondem ao total de situações que dois métodos ou ferramentas foram utilizados em simultâneo nesses mesmos artigos.

Gráfico 4 - Interação das Várias Ferramentas *Lean* Através de um Grafo



Da análise do grafo, com base na matriz, pode então concluir-se de que para os 194 estudos de caso considerados:

- Os métodos/ferramentas mais trabalhados a solo, como se pode observar pelo tamanho dos nós, são o VSM com 11 estudos de caso, os 5'S e o *Standard Work* com 5, os restantes

que aparecem nos estudos a solo, *Kanban* / *Poka-Yoke* / *Kaizen* / ciclo PDCA / SS e SMED, tem uma ocorrência igual ou menor que 3 para os 194 artigos considerados;

- Pela análise dos segmentos de reta e da matriz é possível verificar que as ferramentas 5S e VSM foram as mais aplicadas em conjunto, representando 24,7% dos artigos, seguindo-se da conjugação da ferramenta 5S com o *Kaizen* / *Visual Management* / *SMED* e *Standard Work* em 21,1%, 20,6%, 20,1% e 20,1% dos casos, respetivamente;

- De seguida, destacam-se as conjugações de ferramentas que constam entre 20% e 15% dos artigos totais em estudo, como é o caso do VSM com o *Kaizen* presentes em 19,1% e 5S com TPM em 17,0% dos 194 artigos analisados;

- Por fim foram analisadas todas as interações de ferramentas que se encontram entre 10 a 15% do total da amostra, como é o caso da ferramenta *Kanban* em conjunto com o VSM (13,4%) VSM com o *Standard Work* (13,4%); *Kanban* com o 5S (12,9%); *Standard Work* e *Visual Management* (12,9%); SMED com o VSM (12,4%) e *Standard Work* (12,4%); *Kaizen* com o *Standard Work* (11,3%); e a interação *Kaizen* com o TPM presente em 10,3% dos estudos de caso;

- Todas as restantes inter-relações de métodos/ferramentas encontram-se em menos de 10% dos artigos analisados, sendo que 15 dos 190 cruzamentos possíveis apresentam 0 interações, como é possível observar através do Anexo C.

Com o intuito de perceber o benefício que cada ferramenta *Lean* pode trazer aos processos, produtos ou serviços, foram selecionados alguns artigos da amostra, apresentados e descritos posteriormente nas tabelas dos principais métodos e ferramentas do *Lean* e que proporcionam resultados mais evidentes (5S, *Kanban*, SMED, SS, *Poka-Yoke*, *Standard Work*, Ciclo PDCA, VSM e TPM). Assim, foram elaboradas nove tabelas de cinco estudos cada, referentes a cada um deles, onde foi registado o nome do autor, o título do artigo, o ano de publicação e qual o contributo dos mesmos para a melhoria da empresa. Depois de cada tabela, é apresentada uma breve discussão sobre os benefícios de cada método e ferramenta.

Tabela 3 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta 5S.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Deshpande <i>et al.</i> , 2015) <i>Implementation of '5S' Technique in a Manufacturing Organization: a case study</i>	Qualitativo Indústria de produtos em couro	- Melhoria da produtividade devido à boa organização do espaço de trabalho: <ul style="list-style-type: none">• Menos tempo de procura de materiais e ferramentas;• Mais espaço de armazenamento;• Melhoria na moral dos trabalhadores;• Participação de todas as partes envolvidas incluindo a gerência.
(Veres <i>et al.</i> , 2018) <i>Case study concerning 5S method impact in automotive company</i>	Qualitativo Indústria automóvel	- Melhoria na qualidade dos produtos devido a dispor de um local de trabalho mais limpo, seguro e organizado: <ul style="list-style-type: none">• Problemas mais fáceis de detetar e de prevenir; - Redução nos custos totais.
(Rose <i>et al.</i> , 2017) <i>Similarities of lean manufacturing approaches implementation in SMEs towards the success: Case study in the automotive component industry</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria de componentes para automóveis	Com o auxílio da ferramenta VSM e <i>Cellular Layout</i> : <ul style="list-style-type: none">- Aumento da motivação dos trabalhadores devido a possuir um ambiente mais limpo e arrumado<ul style="list-style-type: none">• Problemas mais visíveis;- Redução de stock (20-40%);- Diminuição do tempo de ciclo (40-50%);- Aumento da produtividade (20-30%);
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019) <i>The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria de produção de plásticos para automóveis,	- Redução de 65% no tempo diário despendido na procura de matérias e ferramentas necessários devido à obtenção de um local de trabalho mais limpo e organizado. <ul style="list-style-type: none">- Melhoria das condições gerais de trabalho

(Patel e Thakkar, 2014) <i>A Case Study: 5s Implementation in Ceramics Manufacturing Company</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria produtos cerâmicos,	- Redução no espaço ocupado do armazém de 12,91%: <ul style="list-style-type: none"> • Diminuir a distância percorrida pelos trabalhadores e dos materiais; • Meio ambiente mais agradável e seguro; • Aumentar a moral dos trabalhadores. - Aumento da produtividade; - Melhor gestão do inventario; - Mais eficiência dos equipamentos por estes se apresentarem mais higienizados.
---	--	--

Perante os cinco artigos analisados na Tabela 3, pode observar-se que todos apresentam resultados qualitativos, contudo três evidenciam ambos os tipos de estudo, ou seja, quantitativos e qualitativos.

A ferramenta 5S foca-se maioritariamente na organização do espaço de trabalho, de forma a mantê-lo limpo e seguro para todos os que lá trabalham, tornando os problemas mais visíveis. Assim, devido às melhorias das condições de trabalho, a moral e a motivação dos trabalhadores aumentou consideravelmente, levando a um aumento geral da produtividade. Para além disso, foi possível constatar que o tempo despendido na procura dos materiais e das ferramentas fosse menor, e conseqüentemente, a distância percorrida pelos operadores diminuísse.

No estudo de caso de Rose, a ferramenta 5S foi aplicada juntamente com o VSM e o *Cellular Manufacturing*, o que para além das melhorias mencionadas anteriormente, induziu a uma diminuição significativa do tempo de ciclo.

Tabela 4- Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta *Kanban*.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Pombal <i>et al.</i> , 2019) <i>Implementation of Lean Methodologies in the</i>	Quantitativo	Com recurso à ferramenta 5S e ao método Gestão Visual: - Melhoria do controlo de <i>stock</i> em cerca de 30%;

<p><i>Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company</i></p>	<p>Manutenção numa Cervejaria</p>	<p>-Redução de 70% no tempo necessário para localizar os materiais no armazém (de 45 segundos passou para 10 a 15 segundos) - Redução de cerca de 50% no tempo necessário para a substituição de materiais e <i>kanbans</i> nas gavetas.</p>
<p>(Belhadi <i>et al.</i>, 2018) <i>Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study</i></p>	<p>Quantitativo/ Qualitativo Indústria de produção de bombas industriais</p>	<p>Em conjunto com as ferramentas 5S, VSM e SMED: - Redução de <i>stock's</i> disponíveis de 15,3 dias para 4,5 dias; - Aumento de 13% nas atividades que acrescentam valor ao produto; - Diminuição na taxa de defeitos de 4,33% para 3,61%; - Melhoria significas a nível ecológico: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir consumo de água de 0,6 para 0,33 m³/produto; • Diminuir consumo de eletricidade de 745 para 409 Wh/produto. </p>
<p>(Naufal <i>et al.</i>, 2012) <i>Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia – Case Study</i></p>	<p>Quantitativo Produção de componentes mecânicos para motores</p>	<p>- Redução do tempo total de ciclo em 40%; - Redução dos <i>stocks</i> de produtos ainda em fase de processamento e de produtos finalizados, de 23% e 29% respetivamente; - Redução de área ocupada pelos produtos acabados de 4%.</p>
<p>(Cheung <i>et al.</i>, 2017) <i>Incorporating lean thinking and life cycle assessment to reduce environmental impacts of</i></p>	<p>Quantitativo Indústria injeção de plásticos</p>	<p>- Redução no tempo total de operação em cerca de 90%: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir as emissões de carbono em 40%. <p>Com a aplicação das ferramentas TPM, 5S e <i>Cellular Manufacturing</i>:</p> </p>

<i>plastic injection moulded products</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o consumo de eletricidade em 41%
(Rahman <i>et al.</i> , 2013) <i>Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation</i>	Qualitativo Indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Redução nos custos operacionais; - Melhoria de gestão dos <i>stocks</i>; - Criação de estações de trabalho mais flexíveis; - Decréscimo dos desperdícios.

Após a reflexão dos estudos que se encontram representados na Tabela 4, verificou-se que apenas um é identificado como estudo qualitativo e os restantes, quatro de cinco, demonstram resultados quantitativos, sendo que um destes apresenta também resultado qualitativo.

O ponto principal da ferramenta *Kanban* passa pela identificação de todos os materiais no local de trabalho, facilitando o controlo dos *stock's*, reduzindo-os significativamente. Posto isto, esta técnica permitiu, de uma forma indireta, que houvesse uma redução dos tempos de ciclo e que assim diminuísse os desperdícios existentes.

Em conjunto com outras ferramentas, o *Kanban* mostrou também uma importante contribuição a nível ecológico, estando associado à diminuição do consumo de água, de eletricidade e de emissões de carbono.

Tabela 5 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta SMED.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Azyan <i>et al.</i> , 2017) <i>Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework</i>	Quantitativo/ Qualitativo Indústria de impressão	Com recurso às ferramentas 5S, VSM, <i>Kaizen</i> , JIT, <i>Kanban</i> , TPM, <i>Poka-yoke</i> e ao método <i>Standard Work</i> : - Diminuição no tempo de <i>setup</i> de 30 minutos para 20 minutos; - Redução no desperdício de papel de cerca de 50%; - Decrescimento nos tempos de não trabalho por parte dos funcionários de 18% para 5% do tempo total laboral; -Melhoria na produtividade, qualidade e tempo de entrega.
(Bevilacqua <i>et al.</i> , 2015) <i>A Changeover Time Reduction through na integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector</i>	Quantitativo Indústria farmacêutica	Auxiliado pelas ferramentas 5S e <i>Kanban</i> : - Redução de 64,1% no período médio de <i>setup</i> ; - Diminuição de 51,4% das atividades não planeadas. -Redução do espaço ocupado na organização de 10%
(Roriz <i>et al.</i> , 2017) <i>Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company</i>	Quantitativo Indústria de papelão	Em conjunto com a técnica 5S e o método Gestão Visual: - Redução dos tempos de <i>setup</i> dos vários equipamentos com uma média de 47%: <ul style="list-style-type: none">• Ganho mensal para a empresa estimado em 10.114€. - Redução das movimentações dos operadores em três máquinas, 47%, 48% e 6%

<p>(Al-Akel <i>et al.</i>, 2018)</p> <p><i>The contribution of lean manufacturing tools to changeovertime decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project.</i></p>	<p>Quantitativo/ Qualitativo</p> <p>Indústria farmacêutica</p>	<p>Juntamente com o método Gestão visual</p> <p>- Ganho de 30% no tempo de mudança da ferramenta, uma operação que inicialmente demorava 25,3 horas passou assim a demorar 17,8 horas;</p> <p>-Melhoria na qualidade dos processos, na normalização e no trabalho em equipa.</p>
<p>(Sousa <i>et al.</i>, 2018)</p> <p><i>Applying SMED methodology in cork stoppers production</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria de cortiça</p>	<p>Com recurso a relatórios A3 e à ferramenta VSM:</p> <p>- Redução do tempo de <i>setup</i> de 43% (de 66,52 minutos passou a 37,59 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ganho mensal para a organização de 2.340€ por cada máquina. <p>-Identificação dos processos que realmente acrescentam valor ao produto;</p>

Da ferramenta SMED, pode identificar-se que os cinco artigos retratados na Tabela 5, evidenciam resultados quantitativos, sendo que somente dois apresentam também qualitativos. Dos artigos selecionados é possível concluir que o SMED é uma técnica que favorece a redução dos tempos de *setup*, uma vez que a percentagem nestes oscila de 30% a 64%, o que aumenta a produtividade e representa lucros significativos para a empresa. Nos estudos descritos anteriormente, o recurso a diversas ferramentas e métodos em conjunto com o SMED é bastante notório, onde se observa que a ferramenta 5S é predominante, contribuindo para um local de trabalho mais organizado, o que facilita a movimentação dos operadores.

Tabela 6 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta *Six Sigma*.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Priya <i>et al.</i> , 2020) <i>Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line</i>	Quantitativo Indústria automóvel	Com recurso ao diagrama de <i>Ishikawa</i> e diagrama de árvore; - Identificação de 12 defeitos cruciais durante os processos e de 3 atividades que não acrescentam valor ao produto final: <ul style="list-style-type: none"> • Economizar 19 minutos de trabalho diário; • Reduzir a taxa de defeitos em 37,2%.
(Baía, 2015) <i>Achieving Customer Specifications Through Process Improvement Using Six Sigma: Case Study of NutriSoil – Portugal</i>	Quantitativo Indústria fabricante de fertilizantes	O ciclo DMAIC auxiliado pelas ferramentas 5S e TPM: - Diminuição do peso médio de cada saco de fertilizante, de 20,93 kg para 20,05kg: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os custos anuais em 717.408,31€, o que corresponde a cerca de 4,74% do valor obtido com a de venda anual do produto.
(Bharathi <i>et al.</i> , 2017) <i>Application of lean approach for reducing weld defects in a valve component: a case study</i>	Quantitativo Processo de soldadura	A aplicação do LSS com a ajuda das técnicas VSM, FMEA e diagrama de <i>Ishikawa</i> - Redução nos defeitos das soldaduras de 42%: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os custos em 250.000 INR equivalente a 2.833,87€ anualmente.
(Anderson e Kovach, 2014) <i>Reducing Welding Defects in Turnaround Projects: A</i>	Quantitativo Indústria de construção	Com o auxílio do diagrama de <i>Ishikawa</i> e da ferramenta FMEA - Diminuição nos defeitos nas soldaduras em mais de 25% <ul style="list-style-type: none"> • Ganho de US\$ 90.000, equivalente a cerca de 73.000 €.

<i>Lean Six Sigma Case Study</i>		
(Bloj <i>et al.</i> , 2020)	Quantitativo	- Aumento na taxa de atualização dos dados dos clientes de 2,6% para 20% em apenas 3 meses.
<i>Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study</i>	<i>Call center</i> ligado aos serviços de energia	

Devido à aplicação do *Six Sigma*, nos estudos apresentados na Tabela 6, obteve-se resultados meramente quantitativos. A ferramenta mostrou-se bastante eficaz no combate à redução de defeitos, que ocorrem durante a produção, de tal maneira que conduziu a uma redução dos custos anuais e, conseqüentemente, a um aumento do lucro empresarial. As taxas representativas da diminuição dos defeitos, nos artigos elegidos, encontram-se entre as percentagens referentes a 25% até 37,2%.

O estudo de caso de Bloj, Moica e Veres (2020) é um artigo diferenciado, pois a sua indústria está diretamente ligada ao fornecimento de um serviço, o que remete não para uma diminuição de defeitos, mas sim para uma melhoria da qualidade na sua prestação.

Tabela 7 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta *Poka-Yoke*.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Monteiro <i>et al.</i> , 2017) <i>Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company</i>	Qualitativo Indústria de componentes multimédia para automóveis	- Certificação de que todos os dados recolhidos sejam registados e introduzidos em campos específicos de forma padrão no editor de folhas de cálculo Excel: <ul style="list-style-type: none"> • Evitar erros; • Facilitar a sua compreensão.
(Höllthaler <i>et al.</i> , 2020)	Qualitativo	- Obtenção de uma fábrica inteligente com recurso ao uso de <i>tablets</i> nas linhas de produção que possibilitam a sua paragem:

<p><i>Function framework for describing digital technologies in the context of lean production</i></p>	<p>Indústria de Tecnologias digitais</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor qualidade dos processos de informação; • Diminuir os erros e os desperdícios.
<p>(Rodrigues e Daher, 2019)</p> <p><i>Application of the poka yoke device for quality improvement in work safety: a case study</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria de construção e montagem eletromecânica de complexos industriais</p>	<p>- Diminuição de 15% dos custos ligados a perdas de materiais e acidentes ocorridos durante as movimentações.</p>
<p>(Bălan e Janľă, 2019)</p> <p><i>Solving Quality Problems with the Poka-Yoke Tool Assistance. Case Study.</i></p>	<p>Quantitativo e Qualitativo</p> <p>Indústria automóvel</p>	<p>- Instalação de um dispositivo à prova de erro num equipamento designado de “<i>pallet for transport</i>” utilizado para o transporte de peças para automóveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tornar o trabalho mais fácil para o operador; • Interromper o processo caso algum erro seja detetado; • Reduzir no tempo total de cada transporte em 5,5 segundos, isto é, de 37,1 segundos para 31,6 segundos.
<p>(Tak e Wagh, 2015)</p> <p><i>Poka Yoke Implementation on Punching Machine: A Case Study</i></p>	<p>Quantitativo e Qualitativo</p> <p>Indústria automóvel</p>	<p>- Desenvolvimento de um sistema que inibe a possibilidade de falha durante a produção de para-choques, sendo que o equipamento apenas pode seguir para a próxima estação caso esteja em conformidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a produtividade; • Diminuir os desperdícios; • Eliminar o retrabalho.

		<ul style="list-style-type: none"> • Obter um número muitíssimo baixo de erros/milhão de peças
--	--	---

Uma vez analisados os estudos de caso da Tabela 7, referente à ferramenta *Poka-Yoke*, pode afirmar-se que apenas um manifesta resultados quantitativos, dois indicam ambos os tipos de estudos e os restantes demonstram somente qualitativos.

Desta pesquisa conclui-se que a finalidade da ferramenta *Poka-Yoke* é a de diminuir os desperdícios e, se possível evitar que ocorram erros ou acidentes durante todo o processo produtivo, de forma a eliminar o retrabalho e a aumentar o número de unidades produzidas e de serviços prestados. A estratégia adotada pelos diferentes autores, para alcançar esse propósito, passa pela instalação de um dispositivo à prova de erro, que pode estar diretamente na linha de produção ou então em ferramentas auxiliares aos processos, de modo a interrompê-los sempre que seja detetado um erro. Assim, ao utilizar esta medida, para além de todas as vantagens mencionadas anteriormente, é crucial salientar que o trabalho do operador é também facilitado, melhorando a sua produtividade.

Tabela 8 – Estudos de Caso da Aplicabilidade do Método *Standard Work*.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Monteiro <i>et al.</i> , 2017) <i>Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria de componentes multimédia para automóveis	Com recurso as ferramentas 5S e ao método de gestão visual: - Melhoria na organização de trabalho: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o tempo total dos processos; • Ganho anual para a organização equivalente a 6.245€.
(Bragança e Costa, 2015) <i>An application of the Lean Production tool Standard Work</i>	Qualitativo Indústria fabrico de elevadores	- Melhoraria da polivalência dos trabalhadores; - Redução da variabilidade; - Aumento do controlo sobre os processos; - Redução dos erros de qualidade;

		- Melhoraria da eficiência do trabalho e dos trabalhadores.
(Saggin <i>et al.</i> , 2017) <i>Standardized Work: Practical Examples in a Brazilian Construction Company</i>	Quantitativo Indústria de construção	- Eliminação dos tempos de não produção entre 15-20%; - Redução do tempo despedido em atividades auxiliares; - Criação de uma sequência de trabalho: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a variabilidade; • Aumentar a produtividade.
(Kosaka <i>et al.</i> , 2009) <i>Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria automóvel	- Aumento na produção total de 9%; - Redução média diária de 1.500 metros percorridos por cada operador; - Diminuição dos produtos em fabrico de 40%; - Aumento da satisfação por parte dos trabalhadores; - Melhoria das condições de segurança.
(Cecconello e Hupples, 2020) <i>Application of standardized work in a plastic company</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria produção de plásticos	- Criação duma sequência de tarefas - Melhoria significativa nas operações elementares: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir os seus tempos (23-50%); • Aumentar a produtividade.

Dos estudos selecionados para caracterizar a influência do método *Standard Work*, nas diferentes indústrias, pode constatar-se que dois dos cinco artigos são descritos como apenas um tipo de estudo, sendo um qualitativo e outro quantitativo e, os restantes apresentam ambos as classificações.

Através da observação da Tabela 8, é evidente que o recurso a este método permite a criação de uma sequência normalizada de trabalho, reduzindo a variabilidade durante a produção, o que leva a um aumento do controlo dos processos e, conseqüentemente, a uma diminuição de erros de qualidade. Assim sendo, é esperado que se verifique um

aumento de produtividade visto que existe uma melhor organização do trabalho a realizar e que este seja mais eficaz.

Tabela 9 - Estudos de Caso da Aplicabilidade do Ciclo PDCA.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Neves <i>et al.</i> , 2018) <i>Implementing Lean Tools in Manufacturing Process of Trimmings Products</i>	Quantitativo Indústria Têxtil	Auxiliado pelas técnicas 5W2H e 5S; - Economizadas 4 horas semanais de trabalho por operador, o que representa 10% do tempo disponível semanal.
(Kocik, 2017) <i>PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria produção de plásticos	Com recurso ao diagrama de <i>Ishikawa</i> - Identificação das causas dos problemas (queimaduras e descoloração nas molduras): <ul style="list-style-type: none"> • Solucionar os problemas de qualidade durante a produção de molduras para fotos; • Reduzir as não conformidades numa percentagem superior a 60%.
(Vargas <i>et al.</i> , 2018) <i>Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria produção de placas eletrónicas	Aplicação do diagrama de <i>Pareto</i> - Identificação de quais os defeitos mais comuns durante o processo de soldadura em placas eletrónicas. <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir em três modelos de soldadura distintos as não conformidades em 65%, 77% e 79%.
(Mariani, 2005) Método PDCA e Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de	Quantitativo e Qualitativo Indústria de produção de bebidas	Em conjunto com os diagramas de <i>Pareto</i> , <i>Ishikawa</i> e ferramenta 5W2H - Diminuição da quantidade de produtos não conformes; <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir o número total de garrafas rejeitadas de 33% para 22%.

Processos Industriais: Um estudo de caso		
(Fernandes <i>et al.</i> , 2013) <i>On the Use of Quality Tools: A Case Study</i>	Quantitativo Indústria produção artigos de couro	Auxiliado pelas ferramentas/métodos 5W2H, <i>Poka-Yoke</i> , Diagrama de <i>Pareto</i> e <i>Ishikawa</i> e Gestão visual: - Redução de não conformidades no processo de preparação do couro em 29%; - Redução de 50% dos defeitos ligados aos componentes mais problemáticos da empresa.

Na Tabela 9, correspondente ao ciclo PDCA, todos os artigos presentes são identificados como tipos de estudo quantitativos, sendo que três destes possuem as duas determinações, ou seja, incluem também o estudo qualitativo.

Nas diferentes etapas do ciclo, é possível encontrar diversas ferramentas, sendo que nos artigos elegidos foram destacadas as 5W2H, Diagrama de *Pareto* e *Ishikawa* que servem como auxílio ao PDCA, contudo estas podem ser usadas sem estarem associadas a este ciclo. Posto isto, os resultados obtidos demonstram uma diminuição considerável dos desperdícios e das não conformidades, após a identificação e a solução das causas dos problemas mais comuns durante os processos.

Tabela 10 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta VSM.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Seth <i>et al.</i> , 2017) <i>Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study</i>	Quantitativo Indústria produção transformadores de potência elétrica	Em conjunto com o diagrama de <i>Ishikawa</i> - Redução de 29,78% do tempo referente às atividades sem valor agregado: <ul style="list-style-type: none"> • Diminuir o tempo total de ciclo de cada produto em 17,3%; • Reduzir o consumo de energia de 10.150 para 8.464 kWh.

<p>(Seth e Gupta, 2005)</p> <p><i>Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria automóvel</p>	<p>- Redução no tempo total de produção dos equipamentos de 3,215 dias para 0,54 dias;</p> <p>- Redução no tempo de processamento de 15,67 minutos para 14,13 minutos.</p>
<p>(Fu <i>et al.</i>, 2017)</p> <p><i>Applying the green Embedded lean production model in developing countries: A case study of china</i></p>	<p>Quantitativo e Qualitativo</p> <p>Indústria alimentar</p>	<p>Com recurso ao diagrama de <i>Ishikawa</i> e à técnica 5S;</p> <p>- Identificação e redução das operações de valor não acrescentado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a percentagem de tempo de processos de valor acrescentado de 59,8% para 68,1%; • Ganho diário no tempo total de operações de 105,8 minutos; • Economizar 14,1 milhões de Renminbi (RMB) equivalente a 1,79 milhões de euros. <p>- Aumento da qualidade dos produtos e satisfação dos trabalhadores;</p>
<p>(Mudgal <i>et al.</i>, 2020)</p> <p><i>Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria de trabalho com rochas</p>	<p>Auxiliado pelo sistema <i>Kanban</i>:</p> <p>- Redução no tempo total de ciclo de 1.098,59 segundos para 676,63 segundos;</p> <p>- Aumento na eficiência global em 27,12%.</p>
<p>(Parab e Shirodkar, 2019)</p> <p><i>Value Stream Mapping: A Case Study of Lock Industry</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria produção de fechaduras e cadeados</p>	<p>Auxiliado pelas ferramentas <i>Gemba</i>, <i>Kaizen</i> e 5S:</p> <p>- Decréscimo no tempo de ciclo do produto de 62,74%</p> <p>- Diminuição em 66,09% dos produtos em fabrico;</p>

		- Minimização do espaço percorrido pelo equipamento na fábrica de 290 metros para 73 metros.
--	--	--

Os tipos de estudo mencionados nos artigos da Tabela 10, correspondentes à ferramenta VSM, apontam para resultados quantitativos, sendo que um destes apresenta também conclusões qualitativas.

Posteriormente à análise dos estudos de caso relacionados com o VSM, foi possível concluir que a aplicabilidade desta ferramenta é bastante benéfica, no que diz respeito à identificação e redução de todas as operações que não agregam valor ao produto e/ou serviço final. Devido a este fator, observou-se um decréscimo acentuado no tempo total de ciclo de cada produto e assim, houve um aumento na eficácia global o que representa ganhos significativos para a organização.

Tabela 11 – Estudos de Caso da Aplicabilidade da Ferramenta TPM.

Autor Título	Tipo de estudo/ indústria/	Resultados
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019) <i>Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line</i>	Quantitativo e Qualitativo Indústria automóvel	Em conjunto com a ferramenta 5S e como o método Gestão Visual: - Redução no tempo despendido em manutenção autónoma de 236 horas por ano (de 310 horas do plano anterior passou-se a 68 horas anuais); - Aumento do <i>Mean Time Between Failures</i> (MTBF) e diminuição do <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR): <ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a disponibilidade dos equipamentos.
(Gupta e Vardhan, 2016) <i>Optimizing OEE, productivity and</i>	Quantitativo	-Redução dos custos associados a perdas durante a produção em 30%; - Obtenção de uma média de 85% no valor do OEE de todos os equipamentos;

<p><i>production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study</i></p>	<p>Indústria fabrico de tratores</p>	<p>- Aumento da sua produtividade em 74%.</p>
<p>(Méndez e Rodriguez, 2017)</p> <p><i>Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria produção de peças para automóveis</p>	<p>-Aumento no MTBF de 108%, ou seja, de 87,6 horas para 42,1 horas;</p> <p>- Diminuição de 30,2% no MTTR, isto é, de 4,3 horas para 3 horas;</p> <p>- Aumento no OEE de 18,75%, que se fixou em 76%.</p> <p>- Aumento da capacidade de produção em 10,7%</p>
<p>(Joshi e Bagi, 2013)</p> <p><i>Improvement of Productivity and Quality Dimensions of a Foundry Process with TPM Technique—A Case Study</i></p>	<p>Quantitativo</p> <p>Indústria de fundição</p>	<p>Com recurso ao diagrama de <i>Ishikawa</i> e <i>Pareto</i>:</p> <p>- Aumento na disponibilidade de 96% para 98%</p> <p>- Aumento no desempenho de 72% para 82% nos equipamentos de moldagem;</p> <p>- Aumento na qualidade 92% para 97%;</p> <p>- Aumento do OEE de 65% para 79%.</p>
<p>(Chan <i>et al.</i>, 2005)</p> <p><i>Implementation of total productive maintenance: A case study</i></p>	<p>Quantitativo e Qualitativo</p> <p>Indústria produção de componentes eletrónicos</p>	<p>- Redução média de paragens semanais dos equipamentos de 517 para 89;</p> <p>- Desenvolvimento de bons hábitos por parte dos trabalhadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obter um ambiente de trabalho limpo, alegre e relaxado onde os trabalhadores se encontram motivados e dispostos a dar o melhor pela organização. <p>- Aumento na produtividade de 83%;</p>

Revistos os artigos elegidos, para detalhar a ferramenta TPM, pode concluir-se que todos demonstram resultados quantitativos, sendo que dois destes referem também melhorias em termos qualitativos.

Os estudos de caso, representados na Tabela 11, mencionam os benefícios que o TPM trouxe para as organizações, como por exemplo o aumento do MTBF e a diminuição do MTTR, isto é, verificou-se um aumento no tempo médio entre falhas e um decréscimo do tempo médio para reparar as mesmas. Devido a este incremento foi possível observar uma maior disponibilidade dos equipamentos, o que levou a um aumento do OEE e, conseqüentemente, da produção.

Os resultados obtidos dos quarenta e cinco artigos selecionados podem-se classificar em resultados qualitativos, quantitativos ou até ambos os tipos de estudo. Posto isto, verificou-se que seis estudos apresentam apenas resultados qualitativos, ou seja, que surgem de forma isolada, onde dois estão presentes na ferramenta 5S, um no *Kanban*, dois no *Poka-Yoke* e um no método *Standard Work*. De outra forma, vinte e dois estudos demonstram somente resultados quantitativos, isto significa que detalhadamente três tipos de estudo se manifestam na ferramenta *Kanban*, três no SMED, cinco no *Six-Sigma*, um no *Poka-Yoke*, dois no ciclo PDCA, quatro no VSM, três no TPM e um no método *Standard Work*. Por último, foram considerados dezassete artigos que referem ambos os resultados, sendo que três se referem à ferramenta 5S, um ao *Kanban*, dois no SMED, dois no *Poka-Yoke*, três no ciclo PDCA, um no VSM, dois no TPM e três no método *Standard Work*.

Em todos os artigos considerados para este estudo, foi evidente uma relação benéfica entre a aplicabilidade do *Lean* e os seus métodos e ferramentas. Isso foi possível verificar após perceber que a implementação da filosofia *Lean* não é limitada, podendo adaptar-se a qualquer tipo de indústria. Por outro lado, perante a utilização dos diferentes métodos e ferramentas *Lean*, foram observadas melhorias significativas, das quais se destacaram o aumento da produtividade e a diminuição de desperdícios, resultando em ganhos bastante consideráveis para as diversas organizações.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Ao longo deste trabalho e após a pesquisa bibliográfica, identificaram-se alguns autores que propõem diferentes tipos de modelos de organização do *Lean*, tendo sido um desses o modelo elegido para seguir como referência, para o modo de apresentação e descrição das ferramentas do *Lean*, da forma que mais promove a interação entre as empresas e os seus clientes – tal modelo foi o de Hodge, Ross, Joines e Thoney (2011). Tal como referido anteriormente, este modelo foca-se na satisfação do cliente, o que para qualquer empresa, é um factor crucial de sucesso e de sobrevivência, no mercado de negócio onde ela esteja inserida.

De forma a responder às questões propostas no Capítulo 2 “Metodologia da Investigação”, foi realizada uma análise, que inclui vários estudos de caso apresentados em trabalhos científicos, nos quais é evidente a aplicabilidade do *Lean* em diversas organizações a nível mundial. Sendo, por isso, notório um grande aumento da sua implementação em ambiente industrial, nos últimos dez anos, o que evidencia uma tendência crescente de adoção desta filosofia.

Sendo o pensamento *Lean* composto por vários métodos e ferramentas, constatou-se que nem todos são utilizados com a mesma frequência. Efetivamente, com este estudo percebeu-se que as ferramentas 5S e o VSM são maioritariamente referidas entre os vários autores, estando presentes em mais de 50% dos artigos selecionados.

Relativamente à interação entre os diversos métodos e ferramentas *Lean*, destaca-se uma forte conexão entre a ferramenta 5S em conjunto com o VSM, o *Kaizen*, o SMED e com os métodos *Visual Management* e *Standard Work*, visto que todas as relações constam em mais de 20% dos casos considerados.

Perante a análise dos vários estudos de caso, que evidenciam resultados mais benéficos de um método ou ferramenta específicos para uma empresa, salientou-se que o 5S tem como principal vantagem a organização do espaço de trabalho; o *Kanban* permite a identificação de todos os materiais; o SMED foca-se na redução dos tempos de *setup*; o *Six Sigma* ajuda a reduzir os defeitos inerentes à produção; o *Poka-Yoke* evita a ocorrência de erros durante a fabricação; o *Standard Work* possibilita a redução da variabilidade de todo o processo produtivo; o ciclo PDCA proporciona o controlo e a melhoria contínua dos processos, produtos e serviços; o VSM promove a identificação e a redução de todas as operações que não agregam valor ao produto; e o TPM centra-se no aumento do tempo

médio entre falhas e no decréscimo do tempo médio para reparar as mesmas. Estes métodos e ferramentas foram aplicados nos mais variados tipos de indústria, o que comprovou que o *Lean* é uma filosofia universal, devido à sua versatilidade e aos benefícios que dela advêm.

Após a realização desta dissertação, é possível concluir que os objetivos inicialmente propostos foram alcançados. Pelo facto de existir imensa informação sobre a temática do *Lean*, propõe-se que este trabalho possa servir como ponto de partida para futuras atualizações periódicas desta análise, visto que neste trabalho se podem encontrar fontes de informação a nível de estudos de Investigação e Desenvolvimento (I&D), abordadas de uma forma organizada e direcionada para a estratégia de satisfação do cliente. Sugere-se também, que sejam realizados estudos que contenham acréscimo de informação sobre trabalhos de cariz científico sobre a filosofia *Lean*, orientada para outras estratégias, que não só a de satisfação do cliente, para que análises futuras possam ficar mais consistentes no que concerne a outras possíveis estratégias de criação de valor no mercado.

Referências

- Adesta, E. Y., Prabowo, H. A., e Agusman, D. (2018). Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 290. IOP Publishing.
- Aij, K. H., e Teunissen, M. (2017). Lean leadership attributes: a systematic review of the literature. *Journal of Health Organization and Management*, 31(7/8), pp. 713-729.
- Al-Akel, K., Marian, L., Veres, C., e Horea, R. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, pp. 886-892.
- Alizon, F., Shooter, S. B., e Simpson, T. W. (2009). Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies*, 30, pp. 588-605.
- Almeanazel, O. T. (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4(4), pp. 517-522.
- Alsmadi, M., Almani, A., e Jerisat, R. (2012). A comparative analysis of Lean practices and performance in the UK manufacturing and service sector firms. *Total Quality Management e Business Excellence*, 23(4), pp. 381-396.
- Alves, A. C., Carvalho, J. D., e Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *The Learning Organization*, 19(3), pp. 219-237.
- Amasaka, K. (2007). Applying New JIT—Toyota's global production strategy: Epoch-making innovation of the work environment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, pp. 285-293.
- Anderson, N. C., e Kovach, J. V. (2014). Reducing Welding Defects in Turnaround Projects: A Lean Six Sigma Case Study. *Quality Engineering*, 26, pp. 168-181.
- Anvari, A., Ismail, Y., e Hojjati, S. M. (2011). A Study on Total Quality Management and Lean Manufacturing: Through Lean Thinking Approach. *World Applied Sciences Journal*, 12(9), pp. 1585-1596.
- Argenta, C. E., e Oliveira, L. R. (2001). Análise do Sistema Kanban para Gerenciamento da Produção com Auxílio de elementos de tecnologia da informação. *ENEGEP 2001 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1.
- Ayough, A., e Farhadi, F. (2019). How to Make Lean Cellular Manufacturing Work? Integrating Human Factors in the Design and Improvement Process. *IEEE Engineering Management Review*, 47(1), pp. 99-105.
- Azyan, Z. H., Pulakanam, V., e Pons, D. (2017). Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(4), pp. 458-484.
- Bălan, E., e Janlă, L. M. (2019). Solving Quality Problems with the Poka-Yoke Tool Assistance. Case Study. *Annals of the Academy of Romanian Scientists Series on Engineering Sciences*, 11(1), pp. 5-16.

- Baía, A. P. (2015). Achieving Customer Specifications Through Process Improvement Using Six Sigma: Case Study of NutriSoil – Portugal. *Quality Management Journal*, 22(2), pp. 48-60.
- Belekoukias, I., Reyes, J. A., e Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations . *International Journal of Production Research*, 52(18), pp. 5346-5366.
- Belhadi, A., Touriki, F. E., e Elfezazi, S. (2018). Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study. *Production Planning e Control*, 29(11), pp. 873-894.
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), pp. 110-117.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F., Sanctis, I. D., Mazzuto, G., e Paciarotti, C. (2015). A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector. *Assembly Automation*, 35(1), pp. 22-34.
- Bharathi, K., Vinodh, S., Devarapu, S., e Siddhamshetty, G. (2017). Application of lean approach for reducing weld defects in a valve component: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(2), pp. 181-209.
- Bloj, M.-D., Moica, S., e Veres, C. (2020). Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 46, pp. 352-358.
- Bon, A. T., e Ping, L. P. (2011). Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in automotive industry. *IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA)*, pp. 55-58.
- Bragança, S., e Costa, E. (2015). An application of the Lean Production tool Standard Work. *Jurnal Teknologi*, 76(1), pp. 47-53.
- Bullington, K. E. (2003). 5S for Suppliers How this technique can help you maintain a lean material supply chain. *Quality Progress*.
- Cecconello, I., e Huppel, N. (2020). Application of standardized work in a plastic company. *Journal of Lean Systems*, 5(2), pp. 1-18.
- Chan, F. T., Lau, H. C., Ip, R. W., Chan, H. K., e Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), pp. 71-94.
- Chang, T. M., e Yih, Y. (1994). Generic kanban systems for dynamic environments. *International Journal of Production Research*, 32(4), pp. 889-902.
- Cheung, W. M., Leong, J. T., e Vichare, P. (2017). Incorporating lean thinking and life cycle assessment to reduce environmental impacts of plastic injection moulded products. *Journal of Cleaner Production*, 167, pp. 759-775.
- Čiarnienė, R., e Vienažindienė, M. (2013). Lean Manufacturing Implementation: The Main Challenges and Barriers. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 35(1), pp. 43-49.
- Comunidade Lean Thinking. (2016). *Lean Manufacturing*. Obtido em 14 de Agosto de 2020, de CLT Services: <https://www.cltservices.net/lean-manufacturing>
- Costa, L. B., e Filho, M. G. (2016). Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. *Production Planning e Control*, 27(10), pp. 823-836.

- Costa, R. S., e Jardim, E. G. (2010). *Os Cinco Passos do Pensamento Enxuto (Lean Thinking)*. Obtido em 15 de Julho de 2020, de trilha projetos: <http://trilhaobjetos.com.br/home/sites/default/files/plean.pdf>
- Darlington, J., Francis, M., Found, P., e Thomas, A. (2016). Targeting lean process improvement projects for maximum financial impact. *Production Planning e Control*, 27(2), pp. 114-132.
- Dekier, L. (2012). The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 5(1), pp. 46-51.
- Deshpande, S. P., Damle, V. V., Patel, M. L., e Kholamkar, A. B. (2015). Implementation of '5S' Technique in a Manufacturing Organization: a case study. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(1), pp. 136-148.
- Dias, A. S. (2015). *Proposta de um modelo de referência para a concepção e desenvolvimento de novos produtos*. Tese de Doutorado, Universidade da Beira Interior, Engenharia e Gestão Industrial, Covilhã.
- El-Namrouty, K. A., e Abu-Shaaban, M. S. (2013). Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study "gaza strip manufacturing firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), pp. 68-80.
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. CRC Press.
- Fernandes, F. A., Sousa, S. D., e Lopes, I. (2013). On the Use of Quality Tools: A Case Study. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1. London, U.K.
- Ferradás, P. G., e Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, pp. 598-603.
- Filho, W. V., Brito, A. L., Crestana, B. Z., e Prado, M. d. (2017). The benefits of a quality tool in a Student Branch: Implementing the 5S methodology to create a new culture. *IEEE Technology e Engineering Management Conference (TEMSCON)*, (pp. 400-403). Santa Clara.
- Forno, A. J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., e Kipper, L. M. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72, pp. 779-790.
- Fu, X., Guo, M., e Zhanwen, N. (2017). Applying the green Embedded lean production model in developing countries: A case study of china. *Environmental Development*, 24, pp. 22-35.
- Gupta, P., e Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. *International Journal of Production Research*, 54(10), pp. 2976-2988.
- Gupta, S., e Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and*, 8(4), pp. 241-249.
- Gupta, S., Modgil, S., e Gunasekaran, A. (2019). Big data in lean six sigma: a review and further. *International Journal of Production Research*, 58(3), pp. 947-969.
- Henao, R., Sarache, W., e Gómez, I. (2018). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, pp. 99-116.

- Herrmann, C., Thiede, S., Stehr, J., e Bergmann, L. (2008). An environmental perspective on Lean Production. *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, pp. 83-88.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27, pp. 233–249.
- Hietschold, N., Reinhardt, R., e Gurtner, S. (2014). Measuring critical success factors of TQM implementation successfully – a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 52(21), pp. 6254-6272.
- Hines, P., e Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations e Production Management*, 17(1), pp. 46-64.
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., e Thoney, K. (Abril de 2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning e Control*, 22(3), pp. 237–247.
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., e Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning e Control: The Management of Operations*, 22(3), pp. 237-247.
- Höllthaler, G., Meister, F., Braunreuther, S., e Reinhart, G. (2020). Function framework for describing digital technologies in the context of lean production. *Procedia CIRP*, 88, pp. 167-172.
- Houti, M., Abbadi, L. E., e Abouadellah, A. (11 de Abril de 2017). E-Kanban the new generation of traditional Kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Rabat, Morocco: IEOM Society International.
- Hussein, M., e Zayed, T. (2020). Critical Factors for Successful Implementation of Just-in-time Concept in Modular Integrated Construction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, 284.
- Hüttmeir, A., Treville, S. d., Ackere, A. v., Monnier, L., e Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118, pp. 501–507.
- Iuga, M. V., e Kifor, C. V. (Janeiro de 2013). Lean manufacturing: The when, the where, the who.
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., e Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), pp. 122-148.
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., e Rane, S. B. (2015). Analysis of interactions among the barriers to JIT production: interpretive structural modelling approach. *Journal of Industrial Engineering International*(11), pp. 331–352.
- Jasti, N. V., e Kodali, R. (2014). Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), pp. 867–885.
- Jenab, K., Wu, C., e Moslehpour, S. (2018). Design for six sigma: A review. *Management Science Letters*, 8, pp. 1-18.
- Jeong, B. K., e Yoon, T. E. (2016). Improving IT Process Management Through Value Stream Mapping Approach: a case study. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, 13(3), pp. 389-404.

- Jolayemi, J. K. (2008). Hoshin kanri and hoshin process: A review and literature survey. *Total Quality Management*, 19(3), pp. 295–320.
- Jones, D. T. (1 de Agosto de 2016). *Heijunka: Leveling Production*. Obtido em 17 de Setembro de 2020, de Sme: <https://www.sme.org/technologies/articles/2006/heijunka-leveling-production/>
- Joshi, A. G., e Bagi, J. S. (2013). Improvement of Productivity and Quality Dimensions of a Foundry Process with TPM Technique - A Case Study. *National Productivity Review*, 5, pp. 178-194.
- <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/7-desperdicios-do-lean> (visitado em 18-07-2020).
- Karim, A., e Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), pp. 169-196.
- Karlsson, C., e Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations e Production Management*, 16(2), pp. 24-41.
- Kihel, Y. E., Amrani, A., Ducq, Y., e Amegouz, D. (2019). Implementation of Lean through VSM modeling on the distribution chain: Automotive case. *International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management*, (pp. 1-7). Paris, França.
- Kilpatrick, J. D. (2003). *Lean Principles*. Obtido em 4 de Agosto de 2020, de geocities: http://www.geocities.ws/jdkilp/lean_principles_ver2b.pdf
- Ko, C.-H., e Kuo, J.-D. (2015). Making Formwork Construction Lean. *Journal of Civil Engineering and Management*, 21(4), pp. 444–458.
- Ko, C.-H., e Kuo, J.-D. (2020). Improving Formwork Using Lean Tools. *9th International Conference on Engineering, Project, and Production Management (EPPM2018)*. 312. EDP Sciences.
- Kocik, M. J. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study. *Production Engineering Archives*, 14, pp. 19-22.
- Kosaka, G., Kishida, M., Silva, A. H., e Guerra, E. (2009). *Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil*. Obtido em 13 de Agosto de 2020, de Lean Institute Brasil: <https://www.lean.org/search/documents/219.pdf>
- Kuusisto, M. (2018). *Lean workstation: How to implement a flexible work environment*. Seinäjoki University of Applied Sciences, Technical department, Seinäjoki.
- Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, D., e Debevec, M. (2019). A Systematic Literature Review of Poka-Yoke and Novel Approach to Theoretical Aspects. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 65(7-8), pp. 454-467.
- Liker, J. K., e Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2).
- Lobo, M., e Pinho, T. (2019). Lean Tools Applied in Transport and Logistic Services. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 5(411).
- Lu, J.-C., e Yang, T. (2015). Implementing lean standard work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 53(8), pp. 2285–2305.

- Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., e Huang, G. Q. (2020). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 64.
- Mariani, C. A. (2005). Método PDCA e Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais: Um estudo de caso. *Revista de Administração e Inovação*, 2(2), 110-126.
- Marodin, G. A., e Saurin, T. A. (2015). Managing barriers to lean production implementation: context matters. *International Journal of Production Research*, 53(13), pp. 3947–3962.
- Martins, S., Dias, A., e Navas, H. (2018). The Use of DFSS Tool / Design for Six Sigma in the Innovative Process of New Product Development: a Case Study. *International Journal of Systematic Innovation*, 5(2), pp. 1-6.
- Mast, J. d., e Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *Int. J. Production Economics*, 139(2), pp. 604-614.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6), pp. 662–673.
- Méndez, J. D., e Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, pp. 1013–1026.
- Metternich, J., Bechtloff, S., e Seifermann, S. (2013). Efficiency and Economic Evaluation of Cellular Manufacturing to enable Lean Machining. *Procedia CIRP*, 7, pp. 592–597.
- Monteiro, J., Alves, C., e Carvalho, M. d. (2017). Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 995-1002.
- Moreira, S. P. (2011). *Aplicação das Ferramentas Lean. Caso de Estudo*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Engenharia Mecânica, Lisboa.
- Mudgal, D., Pagone, E., e Salonitis, K. (2020). Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing. *Procedia CIRP*, 93, pp. 826-831.
- Näslund, D. (2008). Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods? *Business Process Management Journal*, 14(3), pp. 269-287.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., e Hayati, N. (2012). Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia – Case Study. *Procedia Engineering*, 41, pp. 1721–1726.
- Nestle, M. (2013). Gemba is Gold. *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, 13(1), 32-36.
- Neves, P., Silva, F. J., Ferreira, L. P., Pereira, T., A.Gouveia, e C.Pimentel. (2018). Implementing Lean Tools in Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, pp. 696-704.
- Nicholas, J. (2012). An Integrated Lean-Methods Approach to Hospital Facilities Redesign. *Hospital Topics*, 90(2), pp. 47–55.
- Nkomo, T. (2012). Analysis of Toyota Motor Corporation.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press.

- Oliveira, J., Sá, J., e Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1082–1089.
- Paladugu, B. S., e Grau, D. (2019). Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles. *Reference Module in Materials*.
- Parab, P. A., e Shirodkar, V. A. (2019). Value Stream Mapping: A Case Study of Lock Industry. *AIP Conference Proceedings*, 2148(1).
- Patel, V. C., e Thakkar, H. (2014). A Case Study: 5s Implementation in Ceramics Manufacturing Company. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 4(3), pp. 132-139.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., e Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), pp. 3075–3090.
- Pepper, M. P., e Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality e Reliability Management*, 27(2), pp. 138-155.
- Pintelon, L. M.-y., e Muchiri, P. N. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), pp. 3517-3535.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6ª ed.). Lidel.
- Pojasek, R. B. (2020). Poka-Yoke and Zero Waste. *Environmental Quality Management*, 8, pp. 91-97.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., e Silva, F. J. (2019). Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 38, pp. 975–982.
- Pötters, P., Schmitt, R., e Leyendecker, B. (2018). Effectivity of quality methods used on the shop floor of a serial production – how important is Poka Yoke? *Total Quality Management*, 29(10), pp. 1200–1212.
- Priya, S. K., Jayakumar, V., e Kumar, S. S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Materials Today: Proceedings*, 22(3), pp. 948-958.
- Rahman, N. A., Sharif, S. M., e Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, pp. 174–180.
- Rahman, N. A., Sharif, S. M., e Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, pp. 174–180.
- Ramírez, K. M., Álvaro, V. H., Davila, J. Á., e Barraza, M. F. (2018). Kaizen, a continuous improvement practice in organizations: A comparative study in companies from Mexico and Ecuador. *The TQM Journal*, 30(4), pp. 255-268.
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J., e Matias, J. C. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, pp. 1574-1581.
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J., Pereira, M. T., e Santos, G. (2019). The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *Procedia Manufacturing*, 38, pp. 765–775.

- Rodrigues, A. P., e Daher, R. (2019). Application of the poka yoke device for quality improvement in work safety: a case study. *Journal of Lean Systems*, 4(2), pp. 71-90.
- Roriz, C., Nunes, E., e Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, 11, pp. 1069–1076.
- Rose, A. N., Rashid, M. F., Mohamed, N. M., e Ahmad, H. (2017). Similarities of lean manufacturing approaches implementation in SMEs towards the success: Case study in the automotive component industry. *MATEC Web of Conferences*, 87.
- Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F. D., Kundu, K., e Staudacher, A. P. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104, pp. 1869–1888.
- Saggin, A. d., Mota, T. R., Brito, F. L., e Mourão, C. A. (2017). Standardized Work: Pratical Examples in a Brazilian Construction Company. *LC3 2017*, 2, pp. 713–720.
- Sagi, S. (2015). “Nemawashi” A Technique to Gain Consensus in Japanese. *International Journal of Arts, Humanities and Management Studies*, 1(4), pp. 23-28.
- Sangode, P. (2018). Impact of 5s Methodology on the Efficiency of the Workplace: study of manufacturing Firms. *International Journal of Research in Commerce e Management*, 9(12), pp. 14-16.
- Seth, D., e Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning e Control*, 16(1), pp. 44-59.
- Seth, D., Seth, N., e Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning e Control*, 28(5), pp. 398-419.
- Sezen, B., e Erdogan, S. (2009). Lean Philosophy in Strategic Supply Chain Management and Value Creating. *Journal of Global Strategic Management*, 3(1), pp. 68-73.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Shook, J. (2008). *Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers* (Vol. 4). Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: The Lean Enterprise Institute.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., Wang, X., e Chong, H.-Y. (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 55(13), pp. 3906–3928.
- Silva, A. M., e Baranauskas, M. C. (2000). The Andon System: Designing a CSCW Environment in a Lean Organization. *6th International Workshop on Groupware (CRIWG 2000)*, (pp. 130-133). Madeira.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., e Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, pp. 324-338.
- Singh, C., Singh, D., e Khamba, J. (2020). Analyzing barriers of Green Lean practices in manufacturing industries by DEMATEL approach. *Journal of Manufacturing*, 32(1), pp. 176-198.

- Singh, J., e Singh, H. (2009). Kaizen philosophy : a review of literature. *The ICFAI University journal of operations management*, 8(2), pp. 51-72.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., e Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, pp. 592-599.
- Singh, S., e Kumar, K. (2020). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*.
- Sisson, J., e Elshennawy, A. (2014). Achieving success with Lean: An analysis of key factors in Lean transformation at Toyota and beyond. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3), pp. 263-280.
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., e Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33(1), pp. 201-207.
- Sony, M., Antony, J., Park, S., e Mutingi, M. (2020). Key Criticisms of Six Sigma: A Systematic Literature Review. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), pp. 950-962.
- Sousa, E., Silva, F. J., Ferreira, L., Pereira, M. T., Gouveia, R., e Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, pp. 611-622.
- Taghizadegan, S. (2006). Design for Lean/Kaizen. *Essentials of Lean Six Sigma*, pp. 59-101.
- Tak, P. D., e Wagh, S. S. (2015). Poka Yoke Implementation on Punching Machine: A Case Study. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(2), pp. 98-106.
- Tapping, D., e Shuker, T. (2003). *VSM for the lean office: 8 steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas*. Productivity Press.
- Tayal, A., e Kalsi, N. S. (2020). Review on effectiveness improvement by application of the lean tool in an industry. *Materials Today: Proceedings*.
- Thammatutto, C., e Charoensiriwath, C. (2011). Improving Production Efficiency Through Lean Flexible Cellular Manufacturing Simulation. *IEEE International Conference on Quality and Reliability* (pp. 322-326). Bangkok, Tailândia: IEEE.
- Thomas, A. (2018). Developing an integrated quality network for lean operations systems. *Business Process Management Journal*, 24(6), pp. 1367-1380.
- Thomas, A. (2018). Developing an integrated quality network for lean operations systems. *Business Process Management Journal*, 24(6), pp. 1367-1380.
- Thun, J.-H., Drüke, M., e Grübner, A. (2010). Empowering Kanban through TPS-principles – an empirical analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 48(23), pp. 7089-7106.
- Thun, J.-H., Drüke, M., e Grübner, A. (2010). Empowering Kanban through TPS-principles – an empirical analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 48(23), pp. 7089–7106.
- Towill, D. R. (2010). Industrial engineering the Toyota Production System. *Journal of Management History*, 16(3), pp. 327-345.
- Uhlmann, I. R., Silva, C. A., Quadras, D. L., e Frazzon, E. M. (2020). Aplicação do Jidoka em um processo SMT: estudo de caso. *Exacta*, 18(3), 459-474.

Vargas, A. R., Soto, K. C., Gutiérrez, T. C., e Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study. *Applied Sciences*, 8.

Vargas, A. R., Soto, K. C., Gutiérrez, T. C., e Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study. *Applied Sciences*, 8(11), pp. 1-17.

Veres, C., Marian, L., Moica, S., e Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, pp. 900-905.

Werkema, C. (2014). *Ferramentas Estatísticas Básicas Lean Seis Sigma Integradas*. Elsevier.

Wijaya, S., Hariyadi, S., Debora, F., e Supriadi, G. (2020). Design and Implementation of Poka-Yoke System in Stationary Spot-Welding Production Line Utilizing Internet-of-Things Platform. *Journal of ICT Research and Applications*, 14(1), pp. 34-50.

Wilkinson, A., e Witcher, B. (1993). Holistic total quality management must take account of political processes. *Total Quality Management*, 4(1), pp. 47-56.

Womack, J. P., Jones, D. T., e Roos, D. (1990). *The Machine That Change the World*. Macmillan

Anexos

ANEXO A – Estudos de Caso Considerados Sobre a Aplicabilidade do *Lean*

Título do Artigo	Autoria (s)	Ano	Localização	Campo de Ação	Ferramentas Utilizadas
Function framework for describing digital technologies in the context of lean production	G. Hoellthaler; S. Braunreuther; G. Reinhar	2020	Alemanha	Indústria Manufatureira	PY
Manufacturing System Optimization with Lean Methods, Manufacturing Process Objectives and Fuzzy Logic Controller Design	T. Drews; P. Molenda; D. Oechsle; J. Koller	2020	Alemanha	Indústria Manufatureira	5S / Andon / Heijunka / Kanban / PY / SMED / TPM
Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies	L. Valamede; A. Akkari	2020	Brasil	Indústria 4.0	JIT / Kanban / Kaizen / YSM / PY / TPM
Execution of lean and Industrial techniques for productivity enhancement in a manufacturing industry	S. Nallusamy	2020	Índia	Indústria fabricação de Bombas	YSM / Heijunka
An energy assessment method for SMEs: case study of an Italian mechanical workshop	R. Menghi; G. Domizio; A. Papetti; M. Germani; M. Marconi	2020	Itália	Indústria Geradores de Calor	YSM / PDCA
Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study	M. Bloj; S. Moica; C. Veres	2020	Roménia	Indústria Energética	6 Sigma
Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing	D. Muddgal; E. Pagone; K. Salonitis	2020	UK	Indústria Fundição	YSM / Kanban
Lean Principles in Vertical Farming: A Case Study	F. Oliveira; H. Forbes; D. Schaefer; J. Syed	2020	UK	Indústria Agrícola	YSM / CL
Launching Lean Product Development at an Rail Vehicle Manufacturer	C. Stechert; V. Soehck; C. Fischer	2019	Alemanha	Indústria Automóvel	YSM / PDCA / Kanban
Integration of Active Pharmaceutical Ingredient production into a pharmaceutical Lean Learning Factory	N. Petrusch; F. Sieckmann; J. Menn; H. Kohl	2019	Alemanha	Indústria Farmacéutica	5S / SW / Kanban / TPM
Lean Manufacturing Implementation in Carton Industry – A case study	H. Shafeek	2019	Arábia Saudita	Indústria Cartão	Kanban / PY / SMED / TPM / 5S / SW / Kaizen
Application of standardized work in a plastic company	I. Ceconello; N. Huppe	2019	Brasil	Indústria Plásticos	SW
Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in a medium-sized furniture industry: a case study	A. Oliveira; V. Junior	2019	Brasil	Indústria de moveis	YSM / SMED / SW
Order processing improvement in military logistics by Value Stream Analysis lean methodology	R. Acero; M. Torralba; R. Pérez; J. Pozo	2019	Espanha	Indústria Militar	6 Sigma / YSM / Kaizen / Gemba
Implementation of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit	M. Mahajan; K. Christopher; Harshan; P. Shiva	2019	Índia	Indústria Automóvel	6 Sigma / 5W
Value Stream Mapping: A Case Study of Look Industry	P. Parab; V. Shirodkar	2019	Índia	Indústria Fechaduras	YSM / Kaizen / 5S
Integrating lean thinking and mathematical optimization: A case study in appointment scheduling of hematological treatments	A. Agnetis; C. Bianciardi; N. Iasparrà	2019	Itália	Indústria Hospitalar	PDCA / YSM / 5W
Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs	S. Kolla; M. Minufekr; P. Flapper	2019	Lusemburgo	Indústria Manufatureira	SMED / Kaizen / Heijunka / YSM / 5S / SW
On the Need for Effective Lean Daily Management in Engineering Design Projects: Development of a Framework	D. Biskupska; R. Ratnayake	2019	Noruega	Indústria de Óleo e Gás	YSM / 6 Sigma / 5S / Gemba / SW / VM
Applying Lean Techniques to Reduce Defective Products: A Case Study of an Electrode Manufacturing Company	A. Machuca; V. Ponce; E. Altamirano; J. Merino	2019	Peru	Indústria de Eléctrodos	5S / SMED
The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study	P. Ribeiro; J. Sá; L. Ferreira; F. Silva; M. Pereira; G. Santos	2019	Portugal	Indústria des Plásticos	5S / VM / SMED / SW / OEE
Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools	G. Pinto; F. Silva; R. Campilho; R. Casais; A. Fernandes; A. Baptista	2019	Portugal	Indústria Automóvel	OEE / PDCA / 5S / SMED
iLeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools	C. Ferreira; J. Sá; L. Ferreira; M. Lopes; T. Pereira; L. Ferreira; F. Silva	2019	Portugal	Indústria Madeira	SMED / 6 Sigma / 5S / SW / Kaizen / YSM / VM
Improving the Machining Process of the Metalworking Industry Using the Lean Tool SMED	C. Monteiro; L. Ferreira; N. Fernandes; J. Sá; M. Ribeiro; F. Silva	2019	Portugal	Indústria Metalomecânica	SMED / 5S / YSM / TPM / JIT / Kaizen
Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean Manufacturing – a case study	G. Jimenez; G. Santos; J. Sá; S. Ricardo; J. Pulido; A. Pizarro; H. Hernández	2019	Portugal	Indústria Peite	YSM / 5S / Heijunka / Jidoka
Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study	A. Freitas; F. Silva; L. Ferreira; J. Sá; M. Pereira; J. Pereira	2019	Portugal	Indústria Automóvel	5S / 5W2H / YSM
Improving The Order Fulfillment Process At A Metalwork Company	J. Dias; L. Ferreira; J. Sá; M. Ribeiro; F. Silva	2019	Portugal	Indústria Metalomecânica	5S / PY / Andon
Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line	I. Ribeiro; R. Godina; C. Pimentel; F. Silva; J. Matias	2019	Portugal	Indústria Automóvel	TPM / OEE / 5S / VM
Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry	P. Dias; F. Silva; R. Campilho; L. Ferreira; T. Santos	2019	Portugal	Indústria Automóvel	Heijunka / SW / VM / 5S / OEE
Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line	J. Pereira; F. Silva; J. A. Bastos; L. Ferreira; J. Matias	2019	Portugal	Indústria Automóvel	Gemba / 6 Sigma / OEE / 5S
Optimization of the cold profiling process through SMED	T. Vieira; J. Sá; M. Lopes; G. Santos; M. Félix; L. Ferreira; F. Silva; M. Pereira	2019	Portugal	Indústria Metalomecânica	5S / SMED / OEE
Lean Management *Quick-Wins*: Results of Implementation. A Case Study	J. Rodrigues; J. Sá; L. Ferreira; F. Silva; G. Santos	2019	Portugal	Indústria Metalomecânica	PDCA / Kaizen / VM / Gemba / 5W / 5S / CL
The way lean starts – a different approach to introduce lean culture and changing process with people's involvement	R. Mascarenhas; C. Pimentel; M. Rosa	2019	Portugal	Indústria Papel	Kaizen / PDCA / YSM / 5S
Solving quality problems with the PY tool assistance. case study	E. BILAN	2019	Roménia	Indústria Automóvel	PY
Application of Lean Methodologies in the Reduction of Setup Times in the Pharmaceutical Industry	A. Abreu; A. Curado	2019	Portugal	Indústria Farmacéutica	SMED / YSM / TPM / 5S / PY
Lean Tools Contribution to Sustainability Outcomes: Insights from a Set of Case Studies	A. Tenera; C. Pimentel; R. Dias; J. Matias	2019	Portugal		SMED / 5S / YSM
Design of a Continuous Improvement Model in a Portuguese Food Industry Company – A Case Study	A. Dias; H. Navas; A. Abreu	2019	Portugal	Indústria Alimentar	VM / 5S / PDCA / 5W / Heijunka
Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study	A. Freitas; F. Silva; L. Ferreira; J. Sá; M. Pereira; J. Pereira	2019	Portugal	Indústria Transporte	5S / YSM / 5W2H
				Indústria Automóvel	Kanban / SMED / 5S / VM / SW
				Indústria Fundição	VM / Kaizen / TPM / Gemba
				Logística	5S / PY / SW / VM
				Indústria Cartão	SMED / 5S / VM
				Indústria Hospitalar	5S / Kanban
Cost driven Green Kaizen in pharmaceutical production – Creating positive engagement for environmental improvements	M. Bellgrán; M. Kurdve; R. Hanna	2019	Suécia	Indústria Farmacéutica	PDCA / TPM / 5S / Kaizen
An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the UK	S. Choudhary; R. Najak; M. Dora; N. Mishra; A. Ghadge	2019	UK	Indústria Transformação	YSM / PDCA
Interactions of Lean enablers in Manufacturing SMEs using Interpretive Structural Modelling Approach - a case study of KFI	I. Mohammad; C. Oduoja	2019	UK	Varias	5S / TPM
Sustainable value stream mapping and technologies of Industry 4.0 in manufacturing process reconfiguration: A case study in apparel company	N. Phuong; T. Guidat	2018	Alemanha / Vietnam	Indústria Vestuário	YSM / PDCA
Alberta Learning Factory for training reconfigurable assembly process value stream mapping	R. Ahmad; C. Masse; S. Jituri; J. Doucette; P. Merting	2018	Canadá	Indústria Aprendizagem	YSM / 5S / Kaizen / SW

Título do Artigo	Autoria (s)	Ano	Localização	Campo de Ação	Ferramentas Utilizadas
Productivity Improvement using lean manufacturing in manufacturing Industry of Northern Índia- A Case Study	J. Singh; H. Singh; G. Singh	2018	Índia	Indústria de Transformação	5S / Andon / Gemba / Heijunka / Jidoka / JIT / Kaizen / OEE / PDCA / PY / SMED / SW / TPM / YSM / Kanban
Competences Mapping as a Tool to increase Sustainability of Manufacturing Enterprises	F. Melosi; G. Campana; B. Cimatti	2018	Itália		5S / VM / 6 Sigma (DFSS)
Application of LEAN Principles to Improve Business Processes: a Case Study in Latvian IT Company	A. Nikiforova; Z. Bicevska	2018	Letônia	Indústria IT (informação e tecnologia)	5S / 5W / Kanban / Kaizen / YSM / TPM / SMED / PDCA / Jidoka / JIT / Gemba / PY
Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an Industrial case study	P. Dhiravidamani; A. Ramkumar; Ponnambalam S.; N. Subramanian	2018	Malásia	Indústria de Transformação	YSM / Kaizen / 5S
Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study	A. Belhadi; F. Touriki; S. Fezazi	2018	Marrocos	Indústria Transformação	5S / JIT / YSM / Kaizen / 6 sigma / TPM / Kanban / VM / CL / SW
Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study	A. Vargas; K. Soto; T. Gutiérrez; G. Ravelo	2018	México	Indústria componentes Eletrônicos	PDCA
Implementing lean—Outcomes from SME case studies	A. Pearoe; D. Pons; T. Neitzert	2018	Nova Zelândia	Indústria Transformação	VM / 5S / Kanban / SW / PDCA
Implementing Lean Tools in Manufacturing Process of Trimmings Products	P. Neves; F. Silva; L. Ferreira; T. Pereira; A. Gouveia; C. Pimentel	2018	Portugal	Indústria de Corte	PDCA / 5 S / 5W2H
Implementation of project management and lean production practices in a SME Portuguese innovation company	P. Sousa; A. Tereso; A. Alves; L. Gomes	2018	Portugal	Indústria de Soluções Industriais	YSM / 5W / 5S / SMED / SW / Kaizen / VM / Gemba
Applying SMED methodology in cork stoppers production	E. Sousa; F. Silva; L. Ferreira; M. Pereira; R. Gouveia; R. Silva	2018	Portugal	Indústria de Cortiça	SMED / OEE / YSM
Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry	H. Rocha; L. Ferreira; F. Silva	2018	Portugal	Indústria de Joalheria	Kanban / 5S / Kaizen / VM
A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry	M. Martins; R. Godina; C. Pimentel; F. Silva; J. Matias	2018	Portugal	Indústria Automóvel	SMED
Lean IT adoption: Success cases in Portuguese banks	A. Grilo; M. Almeida; C. Ferreira	2018	Portugal	Banco	YSM / PDCA / Gemba / Kanban / SW
Case study concerning 5S method impact in an automotive company	C. Veres; L. Marian; S. Moica; K. Al-Akel	2018	Roménia	Indústria Automóvel	5S
Improving teaching and learning process by applying Lean thinking	N. Sremcevic; M. Lazarevic; B. Krainovic; J. Mandic; M. Medojevic	2018	Sérvia	Educação	5S / VM
Adoption of lean philosophy in car dismantling companies in Sweden- a case study	I. Hasibula; B. Gustava; T. Malin	2018	Suécia	Indústria Automóvel	YSM / Kaizen / 5S / SW
Introducing simulation and optimization in the lean continuous improvement standards in an automotive company	A. Uriarte; T. Selgren; A. Ng	2018	Suécia	Indústria Automóvel	YSM / Gemba / Kaizen / OEE
Têxtil Learning Factory 4.0 – Preparing Germany's Têxtil Industry for the Digital Future	D. Küsters; N. Prabh; V. Gloy	2017	Alemanha	Indústria Têxtil	SMED / YSM / 5S / Kanban / PY
Purchasing Management: The Optimisation of Product Variance	C. Uhl; F. Nabhani; F. Kauf; A. Shokri; D. Hughes	2017	Alemanha / UK	Indústria Automóvel	6 Sigma / 5W
The Application of 6S Methodology as a Lean Improvement Tool in an Ink Manufacturing Company	N. Sukdeo	2017	África do Sul	Indústria Tintas	5S + 1S (safety) / VM
Proposal the application of DMAIC tools and Value Stream Mapping under the perspective of the lean philosophy for process improvement: a case study	J. Pinto; L. Schuwaren; G. Júnior; D. Novaski	2017	Brasil	Indústria Saúde	6 Sigma / YSM
Standardized Work: practical examples in a brazilian construction company	A. Saggin; T. Mota; F. Brito; C. Mourão	2017	Brasil	Indústria Construção	SW
Applying the green Embedded lean production model in developing countries: A case study of china	X. Fu; M. Guo; N. Zhanwen	2017	China	Indústria Alimentar	5S / YSM / Jidoka / SW / VM
Production flow analysis through environmental value stream mapping: a case of study of cover glass manufacturing facility	Y. Huang; M. Tomizuka	2017	China / USA	Indústria Vidro	YSM / Kaizen / CL
Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line	J. Méndez; R. Rodriguez	2017	Colômbia	Indústria Automóvel	TPM / OEE / 5S
Towards Lean Manufacturing from Theory of Constraints: A Case Study in Footwear Industry	K. Álvarez; D. Aldas; J. Reyes	2017	Ecuador	Indústria Calçado	5S / YSM / TPM / SMED / SW / Jidoka
Scheduling of an Aeronáutica final assembly line: a case study	T. Borreguero	2017	Espanha	Indústria Aeronáutica	YSM / SW
A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach	G. D'Antonio; J. Bedolla; P. Chiabert	2017	Itália	Indústria Aeronáutica	YSM / Kaizen / PDCA
Sustainable competitive advantage by implementing lean manufacturing “A Case study for Indian SME”	N. Verma; V. Sharma	2017	Índia	Indústria Manufatureira	Kanban / YSM
Scope and impact of implementing lean principles & practices in shipbuilding	S. Sharma; P. Gandhi	2017	Índia	Indústria Construção Naval	YSM / 5S / Kaizen / SW / JIT / CL
Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study	D. Seth; N. Seth; P. Dhariwal	2017	Índia	Indústria Transformadores de Potência	YSM / PY / Kaizen / 5S
Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study	R. Ruben; S. Vinodh; P. Asokan	2017	Índia	Indústria Automóvel	Kaizen / 5S + 2S / YSM / 6 Sigma
Application of lean approach for reducing weld defects in a valve component: a case study	Bharathi S.; S. Vinodh; S. Devarapu; G. Siddhamshetty	2017	Índia	Soldadura	6sigma / YSM
Similarities of lean manufacturing approaches implementation in SMEs towards the success: Case study in the automotive component industry	A. Rose; M. Rashid; N. Mohamed; H. Ahmad	2017	Malásia	Indústria Automóvel	5S / Kaizen / SMED / VM / YSM / CL
Improving Road Transport Operations using Lean Thinking	J. Reyes; J. Forero; V. Kuma; B. Villarreal; M. Gaston; C. Campos; L. Lona	2017	México / UK	Indústria Transportes	YSM / OEE (TVSM/ TOVE)
Enhancing Aircraft Maintenance Services: a VSM Based Case Study	D. Stadnick; R. Ratnayake	2017	Noruega / Polónia	Indústria Aeronáutica	YSM
PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study	M. Kocik	2017	Polónia	Indústria Plásticos	PDCA
Dust in laquer, evidence of deviation of process in production lines for spray painting	T. Ascensão; M. Pereira; F. Silva	2017	Portugal	Indústria Pintura	Kaizen / TPM / SW / 5S
Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company	C. Roriz; E. Nunes; S. Sousa	2017	Portugal	Indústria Cartão	5S / SMED / VM / TQM / OEE
Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company	J. Monteiro; A. Alves; M. Carvalho	2017	Portugal	Indústria multimedia	5S / PY / SW / VM / Kaizen
Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company	J. Oliveira; J. Sá; A. Fernandes	2017	Portugal	Indústria Equipamentos Mecânicos	YSM / SMED / SW / 5S / VM / Kanban / Heijunka / TPM / OEE / TQM
Standardization and optimization of an automotive components production line	I. Antonioli; P. Guariente; T. Pereira; L. Ferreira; F. Silva	2017	Portugal	Indústria Automóvel	OEE / SW / Kaizen
Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area	M. Brito; A. Ramos; P. Carneiro; M. Gonçalves	2017	Portugal	Indústria Metalomecânica	VM / 5S / SW / SMED
SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry	C. Rosa; F. Silva; L. Ferreira; R. Campilho	2017	Portugal	Indústria Automóvel	SMED / 5S / VM / SW
Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry	C. Rosa; F. Silva; L. Ferreira	2017	Portugal	Indústria Automóvel	PDCA / YSM
The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project	A. Karam; M. Liviu; C. Veres; H. Radu	2017	Roménia	Indústria Farmaceutica	SMED / VM / 6 Sigma
The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach	O. Omogbai; K. Salonitis	2017	UK	Geral	5S
Incorporating lean thinking and life cycle assessment to reduce environmental impacts of plastic injection moulded products	Y. Cheung; J. Leong; P. Vichare	2017	UK	Indústria Plásticos	5S / Kanban / TPM / Kaizen / CL / YSM
Success factors and barriers to implementing lean in the printing industry: a case study and theoretical framework	Z. Azyan; V. Pulakanam; D. Pons	2017	USA	Indústria Gráfica	5S / Kaizen / JIT / Kanban / TPM / SMED / PY / SW
Benefits of a learning factory in the context of lean management for the pharmaceutical industry	C. Rybski; R. Jochem	2016	Alemanha	Indústria Farmaceutica	5S / SMED / TPM / YSM
Improvement evaluation achieved by implementing Kaizen methodology in a machining company	F. Pierre; V. Martins	2016	Brasil	Indústria Aeroespacial	Kaizen

Título do Artigo	Autoria (s)	Ano	Localização	Campo de Ação	Ferramentas Utilizadas
Lean Hospitality - Application of Lean Management methods in the hotel sector	E. Rauch; A. Damian; P. Holzner; D. Matt	2016	Itália	Indústria Turística	5S
Energy Value Stream Mapping a Tool to develop Green Manufacturing	N. Verma; V. Sharma	2016	Índia	Indústria Manufatureira	YSM
Implementation of lean management in an airline cabin, a world first execution?	T. Thorhallsdottir	2016	Islândia	Indústria Aeronáutica	5S / Gemba / YSM / Kaizen
Novel Approach to Enhance the Performance of Production Systems Using Lean Tools	H. Kaglani; A. Almuhtady; A. Attieh	2016	Jordânia	Indústria de Vidro	YSM
Lean and green in the transport and logistics sector - a case study of simultaneous deployment	J. Reyes; B. Villarreal; V. Kumar; P. Ruiz	2016	México / UK	Indústria dos Transportes	ST (YSM) - VSM dos Transportes
Preconditions for Learning Factory A case study	O. Ogorodnyk; M. Granheim; H. Holtskog	2016	Noruega	Indústria de Aprendizagem	5S / PDCA
Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies - Cost Case Study	P. Nowotarskia; J. Paszawski; J. Matyja	2016	Polónia	Indústria Construção	5S
Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - a case study	A. Pereira; M. Abreu; D. Silva; A. Alves; J. Oliveira; I. Lopes; M. Figueiredo	2016	Portugal	Indústria Automóvel	SW
Improving lean design of production systems by visualization support	E. Lindskog; J. Vallhagen; J. Berglund; B. Johansson	2016	Suécia	Indústria Motores a Jato	YSM
YSM a powerful diagnostic and planning tool for a successful Lean implementation: a Tunisian case study of an auto parts manufacturing firm	L. Alaya	2016	Tunísia	Indústria Automóvel	YSM / Heijunka / TPM / SMED / SW / VM / Kanban
Holistic Approach of Lean Thinking in Learning Factories	M. Goerke; M. Schmidt; J. Busch; P. Nijhuis	2015	Alemanha	Indústria de Aprendizagem	5S / VM / Kanban / JIT
Service Value Stream Mapping in Industrial Product-Service System Performance Management	F. Morlock; H. Meier	2015	Alemanha	Indústria Relógios	YSM / PDCA
Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company	P. Andrade; V. Pereira; E. Conte	2015	Brasil	Indústria Automóvel	YSM / Kanban / Heijunka
Lean Manufacturing and ergonomic working conditions in the automotive industry	Z. Santos; L. Vieira; G. Balbinott	2015	Brasil	Indústria Automóvel	5S / SW / Kaizen / JIT / PDCA / YSM
A Changeover Time Reduction through na integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector	M. Bevilacqua; F. Ciarapica; I. Sanotis; G. Mazuto; C. Paciariotti	2015	Itália	Indústria Farmaceutica	SMED / Kanban / 5S / PY / SW / OEE
Reduction of Post-kill Rejections for improving Sustainability in Ceramic Industry: a Case Study	J. Bhamu; K. Sangwan	2015	Índia	Indústria Cerâmica	5W / Kaizen
Process Improvement using Lean Principles on the Manufacturing of Wind Turbine Components - a Case Study	O. Sutari	2015	Índia	Indústria Turbinas de Vento	Kaizen
PY implementation on punching machine: a case study	P. Tak; S. Wagh	2015	Índia	Indústria Peças pt Automóveis	PY
Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in na automobile industry through TPM: a case study	P. Gupta; S. Yardiyan	2015	Índia	Indústria Automóvel	TPM / OEE
Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry	J. Rohani; S. Zahrae	2015	Malásia	Indústria Pintura	YSM / 5S / Kanban
Implementation of lean manufacturing in fish canning company a case study of a canned sardines production company in Morocco	I. Idrissi; A. Mesfioui; I. Aftais; B. Benazzouz	2015	Marrocos	Indústria Alimentar	5S / SMED / OEE / TPM
Lean Management: Wood Manufacturing Industry Case Study	A. Pinto	2015	Portugal	Indústria de Madeira	YSM / 5S / PDCA / Kanban / VM / CL
Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry	A. Lacerda; A. Xambre; H. Alvelos	2015	Portugal	Indústria Automóvel	YSM / 5S / SMED / PY / Kaizen
Achieving Customer Specifications Through Process Improvement Using Six Sigma: Case Study of NutriSoil - Portugal	A. Baja	2015	Portugal	Indústria Fertilizantes	5S / 6 Sigma / TPM
Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries	R. Lopes; F. Freitas; I. Sousa	2015	Portugal	Indústria Vidro	5S / SMED
An application of the Lean production tool SW	S. Bragança; E. Costa	2015	Portugal	Indústria Elevadores	SW
Lean Maintenance Management Activities in an Oil Terminal: Case Study	H. Navas; T. Palmeira; T. Morgado	2015	Portugal	Indústria Petrolífera	5S / TPM
Application of Lean Six-Sigma methodology to reducing production costs: case study of a Portuguese bolts manufacturer	M. Cabrita; J. Domingues; J. Requeijo	2015	Portugal	Indústria Parafusos	6 Sigma / Kanban / YSM
Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles	J. Choomluksana; M. Ongsaranakorn; P. Suksabai	2015	Tailândia	Indústria Metalomecânica	5S / VM / PY / Kaizen
Lean assessment for manufacturing of small and medium enterprises (SMEs): A case study of electronics industry in the Northeast of Thailand	C. Laoha; S. Sukto	2015	Tailândia	Indústria Eletrónica	VM / Kanban / 5S / Heijunka / SMED / SW / PY / TPM / Kaizen
Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products	S. Arslankaya; H. Atay	2015	Turquia	Indústria Laticínios	5S / Kaizen / TPM
Reducing the Scrap Rate in Manufacturing SMEs Through Lean Six Sigma Methodology: An Action Research	A. Shokri	2015	UK	Indústria Automóvel	6 Sigma / Gemba
Human resource management in Lean Production adoption and implementation processes: Success factors in the aeronautics industry	P. Martínez; J. Mogan; P. Gómez	2014	Espanha	Indústria Aeronáutica	5S / YSM / SW / VM
Productivity Improvement Through Lean Manufacturing Tools: A Case Study on Ethiopian Garment Industry	D. Legesse; A. Singh	2014	Etiópia	Indústria Vestuário	SW / Heijunka / 5S
Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process	K. Venkataraman; B. Ramnath; V. Kumar; C. Elanchezian	2014	Índia	Indústria Combatos	YSM / Kaizen / 5S / SW / TPM / Heijunka / PY
Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia	S. Tang; T. Ng; W. Chong; K. Chen	2014	Malásia	Indústria Impressão	TPM / 5S / Kanban / Kaizen
Application of Lean Six Sigma Tools for Cycle Time Reduction in Manufacturing: Case Study in Biopharmaceutical Industry	A. Ismail; J. Ghani; M. Rahman; B. Deros; C. Haron	2014	Malásia	Indústria Farmaceutica	6 Sigma / YSM (FPM) / PY
A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model	A. Tenera; L. Pinto	2014	Portugal	Indústria Telecomunicações	6 sigma
Cost reduction in the production process using the ABC and Lean tools: Case Study in the refrigeration components industry	L. Guimaraes; H. Medeiros; A. Santana; M. Pereira	2014	Portugal	Indústria Refrigeração	Kaizen / YSM / Kanban / SMED
Lean Manufacturing Effects in a Serbian Confectionery Company - Case Study	I. Djekic; D. Zivanovic; S. Dragojlovic; R. Dragovic	2014	Sérvia	Indústria Alimentar	SMED / 5S / TPM / VM
Application of DRFFPM system for lean implementation: an Industrial case study	J. Chen; K. Chen	2014	UK	Indústria Transformação	YSM / Kanban / Kaizen / 5W
A framework for developing portfolios of improvements projects in manufacturing	B. Kornfeld; S. Kara	2013	Austrália	Indústria Projetos	TQM / Kaizen / YSM
Operational improvements of continuous process with tools of Lean production - a case study in a brazilian petrochemical	F. Passos; I. Aragão	2013	Brasil	Indústria Petroquímica	TPM / 6Sigma
Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation	H. Yu; M. Al-Husseini; S. Al-Jibouri; A. Telyas	2013	Canadá / Holanda / Líbano	Indústria Construção	SW / YSM / 5S
Exploring the greening of the food supply chain with lean thinking techniques	D. Folinas; D. Aidonis; D. Triantafyllou; G. Malindretos	2013	Grécia	Indústria Alimentar	YSM
Improvement of Productivity and Quality Dimensions of a Foundry Process with TPM Technique - A Case Study	A. Joshi; J. Bagi	2013	Índia	Indústria Fundição	TPM / OEE
Implementation of Lean Six Sigma through ISO 9001:2008 based QMS: a case study in a Têxtil mill	S. Karthi; S. Devadasan; K. Selvaraju; M. Sivaram; C. Sreenivas	2013	Índia	Indústria Têxtil	YSM / 6 Sigma
Case Study: The Methodology of Lean Manufacturing Implementation	N. Halim; A. Jaffar; N. Yusoff; A. Naufal	2013	Malásia	Indústria Automóvel	SMED / SW / 5W / Kaizen / PDCA
Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation	N. Rahman; S. Sharif; M. Esa	2013	Malásia	Indústria Manufatureira	Kanban
An approach for integrated design of flexible production systems	A. Marques; A. Alves; J. Sousa	2013	Portugal	Indústria Máquinas	Gemba / YSM / Kanban

Título do Artigo	Autoria (s)	Ano	Localização	Campo de Ação	Ferramentas Utilizadas
On the Use of Quality Tools: A Case Study	F. Fernandes; S. Sousa; I. Lopes	2013	Portugal	Indústria Têxtil (peças de couro)	PDCA / PY / VM / 5W1H
Applying lean techniques to nougat fabrication: a seasonal case study	M. Tanco; J. Santos; J. Rodriguez; J. Fleich	2013	UK	Indústria Alimentar	YSM / DEE / SMED / Heijunka
Integration of Simulation and Lean Tools in Effective Production Systems - Case Study	M. Radosevic; I. Cosic; M. Sokovic; A. Rikalovic; R. Bojickovic	2012	Bósnia / Eslovénia / Sérvia	Indústria Manufatureira	SMED / TPM / YSM
Design and Implementation of a Lean Six Sigma Framework for Process Improvement: a Case Study	T. Shahada; I. Alsyouf	2012	Emiratos A. Unidos	Indústria de Engenharia	6 Sigma / YSM
Application of lean tool (Value Stream Mapping) in minimisation of the non-value added waste	P. Singh; H. Singh	2012	Índia	Indústria Tratores	YSM / Kanban
Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study	A. AR; M. Al-Ashraf	2012	Malásia	Indústria Automóvel	YSM / PY / Kaizen / Gemba
Airplane of the muda: support tool for the teaching-learning experience of lean manufacturing	J. Rave	2011	Colômbia	Indústria (produção avioes de Papel)	VM / 5S
A lean manufacturing procedure using Value Stream Mapping and the Analytic Hierarchy Process	M. Dotoli; M. Fanti; G. Rotunno; V. Ukovich	2011	Itália	Indústria produção empilhadores	YSM
Analyzing the benefits of lean tools: A consumer durables manufacturing company case study	D. Kumar; R. Shankar	2011	Índia	Indústria Manufatureira	YSM / Heijunka / 5S
Integrating Value and Lean Management in Manufacturing Processes	L. Sacadura; A. Tenera	2011	Portugal		YSM
				Indústria Automóvel	JIT / SMED / 5S
				Indústria Automóvel	Kanban / DEE / SMED / SW / CL / Heijunka
				Indústria Automóvel	SW / SMED
				Indústria Metalomecânica	5S / PY / CL / Kaizen / YSM
				Indústria Eletrónica	5S / Kanban / SMED / CL / YSM
				Indústria Têxtil	5S
Benefits of lean management: Results from some Industrial cases in portugal	A. Alves; J. Carvalho; R. Sousa; F. Moreira; R. Lima	2011	Portugal	Indústria Metalomecânica	Kanban
				Indústria Automóvel	Kanban
				Indústria Refrigeração	Kanbans / VM / CL
				Indústria Automóvel	Heijunka / VM
				Indústria Iluminação	SW / 5S
				Indústria Automóvel	VM / Kanban / Heijunka
				Indústria Plásticos	YSM
				Indústria Aço	YSM
Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford	J. Liker; J. Morgan	2011	USA	Indústria Automóvel	PDCA / VSM / VM
					5S / Kaizen / SMED / SW / VM
					YSM
					5S / Kaizen / Kanban / 6 Sigma / SMED / SW / TPM / VSM / VM
					5S / Kaizen / 6sigma / SMED / SW / TPM / VSM / VM
Adapting lean manufacturing principles to the Têxtil industry	G. Hodge; K. Ross; J. Joines; K. Thoney	2011	USA	Indústria Têxtil	5S / 6 Sigma / SW / VSM / VM
					5S / Kaizen / SMED / TPM / VM
					5S / 6 Sigma / SW / VSM / VM
					5S / CL / Kaizen / VSM / VM
					5S / Kaizen / Kanban / 6 Sigma / SMED / SW / TPM / VSM / VM
					5S / CL / Kanban / 6 Sigma / TPM / VSM
					5S / CL / Kaizen / VSM / VM
A case study of lean, sustainable manufacturing (RCCELL Case)	G. Miller; J. Pawloski; C. Standridge	2010	USA	Indústria Móveis	SW / Kanban / 5S / SMED
Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil	G. Kosaka; M. Kishida; A. Silva; E. Guerra	2009	Brasil	Indústria Metalomecânica	SW
Implementing the Lean Sigma framework in na Indian SME: a case study	M. Kumar; J. Antong; R. Singh; M. Tiwari; D. Perry	2007	Índia / UK	Indústria Automóvel	TPM / 6 Sigma / 5S / VSM / DEE
Implementation of TQM and lean Six Sigma tools in local government: a framework and a case study	S. Furterer; A. Elshennawy	2007	USA	Governo local	6 Sigma / TQM / Kanban / VM / SW
An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: a case study from the steel industry	R. Singh; A. Choudhury; M. Tiwari; R. Maull	2006	Índia / UK / USA	Indústria Metalomecânica	YSM / 5W1H / SW / Heijunka / JIT / VM / Kaizen
Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study	F. Abdumaleka; J. Rajgopal	2006	Kuwait / USA	Industria Ferro	CL / JIT / Kanban / TQM / VSM / TPM
Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos Industriais: um estudo de caso	C. Mariani	2005	Brasil	Indústria Bebidas	PDCA / 5W2H
Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study	D. Seth; V. Gupta	2005	Índia	Indústria Automóvel	YSM / Kanban
Implementation of total productive maintenance: A case study	F. Chan; H. Lau; R. Ip; H. Chan; S. Kong	2003	China	Indústria Componentes Eletrónicos	TPM / DEE / 5S / Kaizen

ANEXO B – Matriz Introduzida no *Software* ORA que Relaciona a Interação Entre os Vários Métodos/Ferramentas

	JIT	KANBAN	KAIZEN	VSM	POKA-YOKE	TPM	TQM	5S	Cell. Man.	5W2H	PDCA	Andon	Heijunka	6Sigma	Stand. Work	SMED	OEE	Gemba	Jidoka	Visual Man.
JIT	0	7	9	9	4	7	1	9	3	2	3	1	2	1	6	5	1	2	2	3
KANBAN	7	3	14	26	9	17	3	25	8	2	6	2	8	6	17	17	4	4	2	14
KAIZEN	9	14	2	37	13	20	1	41	9	7	8	1	5	7	22	18	4	9	2	18
VSM	9	26	37	11	11	19	3	48	13	7	15	1	11	18	26	24	7	10	5	19
POKA-YOKE	4	9	13	11	3	9	0	17	1	2	3	3	4	1	8	10	2	2	2	5
TPM	7	17	20	19	9	0	2	33	4	1	3	2	6	8	14	19	9	3	3	11
TQM	1	3	1	3	0	2	0	2	1	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	3
5S	9	25	41	48	17	33	2	5	11	7	12	3	11	14	39	39	14	7	5	40
Cell. Man.	3	8	9	13	1	4	1	11	0	1	2	0	1	2	3	3	1	1	0	7
5W2H	2	2	7	7	2	1	0	7	1	0	8	0	2	2	3	3	0	3	1	5
PDCA	3	6	8	15	3	3	0	12	2	8	2	1	2	0	5	4	2	4	2	6
Andon	1	2	1	1	3	2	0	3	0	0	1	0	2	0	1	2	1	1	1	0
Heijunka	2	8	5	11	4	6	1	11	1	2	2	2	0	0	10	8	5	1	2	8
6Sigma	1	6	7	18	1	8	1	14	2	2	0	0	0	2	9	5	2	4	0	11
Stand. Work	6	17	22	26	8	14	2	39	3	3	5	1	10	9	5	24	7	4	3	25
SMED	5	17	18	24	10	19	2	39	3	3	4	2	8	5	24	1	11	3	3	19
OEE	1	4	4	7	2	9	2	14	1	0	2	1	5	2	7	11	0	3	1	5
Gemba	2	4	9	10	2	3	0	7	1	3	4	1	1	4	4	3	3	0	2	4
Jidoka	2	2	2	5	2	3	0	5	0	1	2	1	2	0	3	3	1	2	0	1
Visual Man.	3	14	18	19	5	11	3	40	7	5	6	0	8	11	25	19	5	4	1	0

ANEXO C – Matriz das Percentagens Relativas à Interação Entre os Vários Métodos/Ferramentas

	JIT	KANBAN	KAIZEN	VSM	POKA-YOKE	TPM	TQM	5S	Cell. Man.	5W2H	PDCA	Andon	Heijunka	6Sigma	Stand. Work	SMED	OEE	Gemba	Jidoka	Visual Man.
JIT																				
KANBAN	3,60824742																			
KAIZEN	4,63917526	7,216494845																		
VSM	4,63917526	13,40206186	19,07216495																	
POKA-YOKE	2,06185567	4,639175258	6,701030928	5,670103093																
TPM	3,60824742	8,762886598	10,30927835	9,793814433	4,639175258															
TQM	0,51546392	1,546391753	0,515463918	1,546391753	0	1,030928														
5S	4,63917526	12,88659794	21,13402062	24,74226804	8,762886598	17,01031	1,03093													
Cell. Man.	1,54639175	4,12371134	4,639175258	6,701030928	0,515463918	2,061856	0,51546	5,6701												
5W2H	1,03092784	1,030927835	3,608247423	3,608247423	1,030927835	0,515464	0	3,60825	0,515463918											
PDCA	1,54639175	3,092783505	4,12371134	7,731958763	1,546391753	1,546392	0	6,18557	1,030927835	4,123711										
Andon	0,51546392	1,030927835	0,515463918	0,515463918	1,546391753	1,030928	0	1,54639	0	0	0,51546									
Heijunka	1,03092784	4,12371134	2,577319588	5,670103093	2,06185567	3,092784	0,51546	5,6701	0,515463918	1,030928	1,03093	1,03092784								
6Sigma	0,51546392	3,092783505	3,608247423	9,278350515	0,515463918	4,123711	0,51546	7,21649	1,030927835	1,030928	0	0	0							
Stand. Work	3,09278351	8,762886598	11,34020619	13,40206186	4,12371134	7,216495	1,03093	20,1031	1,546391753	1,546392	2,57732	0,51546392	5,154639175	4,639175258						
SMED	2,57731959	8,762886598	9,278350515	12,37113402	5,154639175	9,793814	1,03093	20,1031	1,546391753	1,546392	2,06186	1,03092784	4,12371134	2,577319588	12,37113402					
OEE	0,51546392	2,06185567	2,06185567	3,608247423	1,030927835	4,639175	1,03093	7,21649	0,515463918	0	1,03093	0,51546392	2,577319588	1,030927835	3,608247423	5,67010309				
Gemba	1,03092784	2,06185567	4,639175258	5,154639175	1,030927835	1,546392	0	3,60825	0,515463918	1,546392	2,06186	0,51546392	0,515463918	2,06185567	2,06185567	1,54639175	1,5463918			
Jidoka	1,03092784	1,030927835	1,030927835	2,577319588	1,030927835	1,546392	0	2,57732	0	0,515464	1,03093	0,51546392	1,030927835	0	1,546391753	1,54639175	0,5154639	1,03092784		
Visual Man.	1,54639175	7,216494845	9,278350515	9,793814433	2,577319588	5,670103	1,54639	20,6186	3,608247423	2,57732	3,09278	0	4,12371134	5,670103093	12,88659794	9,79381443	2,5773196	2,06185567	0,51546	

Legenda	
	X > 25%
	25% ≥ X > 20%
	20% ≥ X > 15%
	15% ≥ X > 10%
	0