

# **AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN**

**BRUNO MIGUEL PESSOA FANGUEIRO**

novembro de 2020

# AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN

Bruno Miguel Pessoa

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

# **AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS LEAN**

Bruno Miguel Pessoa

Estudante n.º 1160272

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira e coorientação do Professor Especialista José Carlos Sá

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação seria de todo impossível sem o apoio de certos intervenientes e instituições que através do seu suporte me dispuseram todas as condições para que este trabalho fosse executado da melhor forma possível.

Deixo um agradecimento à Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A, nomeadamente ao Engenheiro Salvador Vareiro e ao Engenheiro João Salgueiro por permitirem e darem as condições para que a auditoria *lean* fosse testada no setor da expedição de colunas da Metalgalva 1.

Deixo um enorme agradecimento ao Professor Doutor Luís Pinto Ferreira por ser o meu orientador na dissertação, por me ter auxiliado desde o início em tudo que foi preciso, por estar sempre disponível para qualquer dúvida e por constantemente me dar incentivo e fornecer as *guidelines* indicadas para a realização deste projeto.

A outros docentes do ISEP, nomeadamente ao coorientador Professor Especialista José Carlos Sá por ser uma importante ajuda na construção da auditoria lean.

Agradeço também aos amigos e colegas de curso, que de alguma forma, colaboraram para a realização deste mestrado.

A toda a minha família, em especial ao meu avô e à minha mãe por todo o apoio dado ao longo do meu percurso académico.

Por último, um agradecimento especial à Catarina, por ser uma ajuda fundamental neste trabalho, por todo o incentivo e motivação prestada e porque sem o seu apoio não seria possível a realização desta dissertação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente deram o seu contributo neste percurso académico,  
Muito Obrigado!

página propositadamente em branco

## RESUMO

A produção *lean* já provou ser uma filosofia de gestão eficaz para eliminar a perda de tempo nos processos de produção. Contudo, atualmente não basta apenas obter resultados económicos.

Para o âmbito deste estudo ser realizado, foi desenvolvida uma pesquisa na plataforma *Web of Science* tendo como foco as *lean tools* e *lean manufacturing*, onde contém inúmeras publicações científicas feitas em instituições internacionais de renome. As publicações obtidas dessa pesquisa, foram submetidas a uma análise quantitativa.

Com esta dissertação identificaram-se as ferramentas *lean* mais utilizadas na indústria de processos e os benefícios associados. Fez-se a distribuição das ferramentas mais adotadas nos diferentes países e setores de atividade, bem como foram identificados os jornais científicos ou conferências internacionais que apresentaram mais trabalhos realizados na área da melhoria contínua através da adoção das ferramentas *lean*. Após a análise quantitativa dos resultados, realizou-se uma análise qualitativa das publicações classificadas como sendo caso de estudo com a ferramenta *lean* mais utilizada.

Os resultados deste estudo demonstram que a ferramenta mais utilizada nas publicações analisadas foi o VSM- *Value Stream Mapping* com uma percentagem de 65%, o que corresponde a 62 em 95 publicações. De seguida surgem os 5S's com uma percentagem de utilização de 48%, representando 46 em 95 publicações. Estes dados indicam que os autores dão bastante importância à análise do mapeamento do fluxo de valor nas organizações e que é quase sempre este o primeiro passo a dar para serem identificados os problemas ao longo da linha de produção. Dão também bastante importância à arrumação e limpeza dos postos de trabalho para que o desperdício seja reduzido e as operações sejam mais produtivas.

Um outro objetivo deste estudo, passava por avaliar de alguma forma o grau de implementação geral da produção *lean* nas organizações industriais. Nesse sentido, foi criada uma auditoria que abrange um vasto leque de ferramentas. Posteriormente, esta auditoria foi posta em prática numa empresa portuguesa do setor da metalomecânica, nomeadamente a Metalogalva - Irmãos Silvas, S.A.

## PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas *Lean*; Produção *Lean*; Implementação *lean*; Auditoria *Lean*

página propositadamente em branco

## **ABSTRACT**

Lean production has already proven to be an effective management philosophy to eliminate wasted time in production processes. However, currently it is not enough to just obtain economic results.

For this study to be carried out, a survey was carried out on the platform which contains numerous scientific publications made in renowned international institutions, the Web of Science. The publications obtained from this research were subjected to a quantitative analysis.

With this dissertation, the lean tools most used in the process industry and the associated benefits were identified. The most widely adopted tools were distributed in different countries and sectors of activity, as well as scientific journals or international conferences that presented more work in continuous improvement through the adoption of lean tools were identified. After the quantitative analysis of the results, a qualitative analysis of the publications classified as being a case study with the most used lean tool was carried out.

The results of this study demonstrate that the most used tool in the analysed publications was the VSM with a percentage of 65%, which corresponds to 62 in 95 publications. Then 5S's come up with a 48% utilization percentage, representing 46 in 95 publications. These data indicate that the authors place great importance on analysing the value flow mapping in organizations and that this is almost always the first step to be taken to identify problems along the production line. They also place a lot of emphasis on tidying and cleaning jobs so that waste is reduced, and operations are more productive.

Another objective of this study was that it was possible to somehow assess the degree of general implementation of lean production in industrial organizations. That said, an audit was created that covers a wide range of tools. Subsequently, this audit was carried out in a Portuguese company in the metalworking sector, namely Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A.

## **KEYWORDS**

Lean tools; Lean production; Lean implementation; Lean Audit

página propositadamente em branco

# ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	IX
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	XI
LISTAS DE SIGLAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Enquadramento e pertinência .....	1
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	1
1.3. Opções metodológicas .....	2
1.4. Estrutura do trabalho .....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Ferramentas <i>Lean</i> .....	5
2.1.1. 5S.....	5
2.1.2. VSM – <i>Value Stream Mapping</i> .....	6
2.1.3. <i>Heijunka</i> .....	7
2.1.4. <i>Standard Work</i> .....	7
2.1.5. SMED – <i>Single Minute Exchange of Dies</i> .....	9
2.1.6. <i>Kanban</i> .....	11
2.1.7. <i>Jidoka</i> .....	11
2.1.8. TPM – <i>Total Productive Maintenance</i> .....	12
2.1.9. <i>One-Piece-Flow</i> .....	14
2.1.10. <i>Poke-Yoke</i> .....	16
2.2. Metodologias <i>Lean</i> .....	17
2.2.1. JIT - <i>Just-in-Time</i> .....	17
2.2.2. Ciclo PDCA .....	17
2.3. Métricas <i>Lean</i> .....	18
2.3.1. <i>Takt Time</i> .....	18
2.3.2. OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	18
2.4. Tipos de desperdícios - 3M.....	21
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO .....	23
3.1. Base de dados e critérios para a seleção dos artigos utilizados.....	23
3.2. Auditoria.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1. Análise descritiva da seleção dos artigos .....	29
4.1.1. Distribuição por ano de publicação .....	37
4.1.2. Distribuição por locais de publicação .....	37
4.1.3. Distribuição por tipo de publicação .....	38

---

4.1.4. Distribuição por país e setor de atividade .....	39
4.1.5. Distribuição por ferramenta e metodologias <i>Lean</i> .....	40
4.2. Aplicação da auditoria <i>lean</i> numa empresa metalomecânica .....	44
4.2.1. Observações finais e sugestões de melhoria .....	50
5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	53
5.1. Conclusões finais .....	53
5.2. Limitações e investigação futura.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55
APÊNDICE A – Documento Auditoria Lean.....	67
APÊNDICE B – Auditoria Lean numa Metalomecânica.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação da ferramenta 5S (Valor Agregado Consulting, 2020) .....	6
Figura 2 - Três Elementos Chave no Standard Work (Monden, 1998).....	8
Figura 3 – Etapas de aplicação do SMED (Kumar, B. S., & Abuthakeer, 2012) .....	10
Figura 4 - Pilares do TPM (Amorim G., 2011).....	14
Figura 5 - Fluxo de produção tradicional e fluxo de produção One-Piece Flow (Ghinato, 2000) ....	14
Figura 6 - Vantagens do One-Piece Flow relativamente à produção por lote (Ohno, 1988).....	15
Figura 7 – Relação entre as Seis Grandes Perdas e os Fatores do OEE (Nakajima, 1988) .....	19
Figura 8 - Tipos de desperdícios (Oliveira J.P., 2015).....	21
Figura 9 – Cabeçalho da auditoria.....	24
Figura 10 – Tabela de verificação das ferramentas lean.....	25
Figura 11 – Observações finais da auditoria .....	25
Figura 12 - Publicações por ano .....	37
Figura 13 - Local de publicação .....	38
Figura 14 - Tipo de publicação .....	38
Figura 15 - Tipo de investigação.....	39
Figura 16 - Distribuição de publicações por países .....	39
Figura 17 - Distribuição de publicações por setor de atividade.....	40
Figura 18 - Distribuição de publicações por ferramentas e metodologias lean .....	40
Figura 19 - Identificação das parafusarias.....	44
Figura 20 – Layout das gavetas de arrumações .....	44
Figura 21 – Identificação da separação do lixo .....	45
Figura 22 - Cabos de alimentação espalhados no chão .....	45
Figura 23 - Falta de limpeza das bancas.....	45
Figura 24 – Setup da máquina de desempenho automática .....	46
Figura 25 – Instruções de trabalho afixadas .....	46
Figura 26 – Registo de produção semanal .....	47
Figura 27 – Kanban de pintura .....	47
Figura 28 - Máquina de desempenho automática.....	48
Figura 29 - Inexistência de registos ou programação de manutenções .....	48
Figura 30 - Identificação "colunas prontas" .....	49
Figura 31 - Identificação "colunas para a pintura".....	49
Figura 32 - Identificação "colunas inacabadas" .....	49
Figura 33 - Auditoria pág.1.....	67
Figura 34 - Auditoria pág.2.....	68
Figura 35 - Auditoria pág.3.....	69
Figura 36 - Auditoria pág.4.....	70
Figura 37 - Auditoria Metalgalva pág.1.....	71
Figura 38 - Auditoria Metalgalva pág.2.....	72
Figura 39 - Auditoria Metalgalva pág.3.....	73
Figura 40 - Auditoria Metalgalva pág.4.....	74

página propositadamente em branco

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores ideias do OEE (Nakajima, 1989).....	20
Tabela 2 - Fases da investigação .....	23
Tabela 3 - Lista das publicações analisadas.....	29
Tabela 4 - Distribuição de ferramentas/metodologias por publicações.....	41
Tabela 5 – Análise de alguns casos de estudo - VSM .....	42
Tabela 6 - Aspectos negativos da auditoria e sugestões de melhoria.....	50

página propositadamente em branco

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula Takt Time.....	18
Equação 2 - Fórmula OEE .....	20
Equação 3 - Fórmula da disponibilidade .....	20
Equação 4 - Fórmula da performance.....	20
Equação 5 - Fórmula da qualidade .....	20

página propositadamente em branco

## LISTAS DE SIGLAS

### Lista de Siglas

FIFO	First In First Out
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	Just-In-Time
NNVA	Necessary but non-value-adding
NVA	Non-value-adding
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OF	Ordem de Fabrico
OV	Ordem de Venda
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SMED	Single Minute Exchange of Dies
TPM	Total Production Maintenance
TPS	Toyota Production System
VA	Value adding
VSM	Value Stream Mapping

página propositadamente em branco

# 1. INTRODUÇÃO

Produção *Lean* visa reduzir custos e eliminar atividades que não agregam valor. A produção *Lean* tem como alvo oito tipos diferentes de desperdícios, sete dos quais relacionados ao processo de produção, sendo a superprodução, espera, transporte, defeitos, processamento inadequado, *stocks* e movimentação desnecessários. Quanto ao oitavo desperdício, está associado ao desperdício de habilidades da equipa. Nesse sentido, o *lean* através das suas ferramentas traz benefícios para as empresas, pois melhora o desempenho do seu processo produtivo, como já demonstrado em vários casos de estudo em diferentes setores da indústria (Brito, M et al, 2019).

Durante os anos 80, a indústria automotiva atraiu a atenção quando ficou claro que os carros japoneses duravam mais que os americanos e exigiam menos manutenção (Liker, 2004). O sistema de produção usado pela Toyota recebeu o nome apropriado de *Toyota Production System* (TPS) e Liker, 2004 descreve-o como "uma abordagem única para a fabricação" e a "filosofia de fabricação" da *Toyota*. Liker teve acesso a executivos, funcionários e fábricas da Toyota, no Japão e nos Estados Unidos, com a finalidade de obter uma melhor compreensão do TPS.

## 1.1. Enquadramento e pertinência

Num mercado empresarial cada vez mais exigente e competitivo e onde os pequenos detalhes podem de facto fazer toda a diferença entre o sucesso e o insucesso de uma organização face aos demais concorrentes, torna-se fundamental para uma empresa ter o cuidado com os desperdícios que pratica. De modo a minimizar esses desperdícios, a filosofia *Lean* é utilizada como forma de combater esses problemas.

Posto isto, surgiu a possibilidade de realizar uma investigação mais detalhada acerca da implementação da produção *lean* na indústria global, no âmbito do Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial através do desenvolvimento da presente dissertação.

## 1.2. Questão e objetivos de investigação

Com este estudo procura-se identificar a ferramenta *lean* mais utilizada na indústria de processos e os benefícios associados. Esta investigação tão abrangente não só facilitará a adoção do *lean* na indústria, bem como servirá de objeto impulsionador de decisão para empresas que, por necessidade de implementar melhorias, optem pela inclusão das ferramentas mais indicadas e mais usadas na indústria, nomeadamente no seu setor.

No final desta investigação pretende-se ver solucionados os seguintes problemas:

- Identificar as ferramentas *lean* que mais contribuem e mais impacto têm para a melhoria dos processos nas organizações;
- Identificar quais as ferramentas *lean* que são mais usadas nos diferentes países e setores de atividade;

- Identificar quais os jornais científicos ou conferências internacionais que apresentam mais trabalhos realizados na área da melhoria contínua através da utilização das ferramentas e *lean*.

Um outro problema que será solucionado passa pela avaliação da implementação geral do *lean* numa organização. Para isto, criou-se uma auditoria que abrange um vasto leque de ferramentas *lean* e não apenas de uma.

Esta auditoria foi posta em prática numa empresa do setor da metalomecânica onde foi avaliado o grau de produção *lean*.

### 1.3. Opções metodológicas

Uma vez que a presente dissertação se direciona para uma análise da realidade das organizações no nível comportamental, nomeadamente averiguando o nível de utilização das ferramentas *lean*, o método deste estudo foi a pesquisa de um vasto leque de publicações científicas. A finalidade desta análise é perceber quais as ferramentas *lean* mais utilizadas e vantajosas nos diversos países e setores industriais a um nível global.

Assim sendo, a rota da investigação seguiu a seguinte sequência:

- a. Foi feita uma análise teórica relacionada com o estudo em investigação.
- b. Procedeu-se à seleção do tipo de documentos elegíveis para a investigação.
- c. Fez-se a seleção da plataforma a ser utilizada.
- d. Escolheu-se os termos a serem pesquisados.
- e. Realizou-se uma análise quantitativa e qualitativa das publicações obtidas.
- f. Elaborou-se uma auditoria genérica sobre *lean*
- g. Aplicou-se a auditoria a uma empresa no setor da metalomecânica.

### 1.4. Estrutura do trabalho

Na parte inicial da dissertação é feita uma introdução ao tema abordado apresentando um enquadramento ao estudo, expondo os objetivos do relatório e são também explicadas as opções metodológicas.

No segundo capítulo intitulado “Fundamentação teórica”, é feita uma revisão de literatura onde é realizada uma abordagem aos conceitos associados à implementação de ferramentas *lean* numa unidade de produção. Aqui são apresentadas as diferentes ferramentas *lean* abordadas nas publicações analisadas.

No terceiro capítulo designado “Métodos e aplicação”, é feita uma explicação do método utilizado para a obtenção das publicações analisadas, bem como a construção completa da auditoria *lean*.

O quarto capítulo intitulado “Resultados e discussão”, é constituído pela análise estatística das publicações analisadas sobre ferramentas *lean*. Para além disso, serão também expostos os resultados obtidos da aplicação da auditoria *lean* numa empresa do setor metalomecânico.

No quinto e último capítulo denominado “Conclusões e trabalhos futuros”, são elaboradas algumas considerações sobre os resultados obtidos que permitem explicar o estado atual das metodologias *lean* implementadas na indústria global, acabando por expor as limitações encontradas durante a dissertação e apresentado sugestões de investigações futuras.

No final são apresentadas as referências bibliográficas e os apêndices do trabalho.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo fez-se uma abordagem aos conceitos associados à implementação de ferramentas, metodologias e métricas *Lean* numa unidade de produção.

### 2.1. Ferramentas *Lean*

#### 2.1.1. 5S

A ferramenta 5S é um instrumento de organização do local de trabalho, que deriva de cinco palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Coimbra, 2013). Esta ferramenta baseia-se no princípio de que um bom ambiente motiva o operador a produzir produtos ou serviços de qualidade com pouco ou nenhum desperdício e com alta produtividade (Kiran, 2017). Um ambiente ou local de trabalho não adequado, sujo ou desorganizado, distrai a atenção do trabalhador, dando espaço para que mais defeitos sejam produzidos.

Assim, as principais etapas da ferramenta 5S são (Coimbra, 2013):

- **Seiri (Triagem)** – identificação de ferramentas/materiais necessários e desnecessários e remoção dos últimos.
- **Seiton (Organização)** – classificação dos artigos com base na sua utilização e arrumação apropriada, minimizando o tempo de procura. O objetivo é identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente o que precisa e a visualização seja facilitada. Deve-se analisar a sua frequência de utilização de forma a manter mais perto do operador aqueles que são mais utilizados. Esta etapa tem como lema: “Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”.
- **Seiso (Limpeza)** – a limpeza do local de trabalho, ferramentas e maquinaria deve ser realizada regularmente. Desta forma, será possível prevenir a deterioração e o mal funcionamento dos equipamentos assim como assegurar um local de trabalho mais seguro e fácil de utilizar.
- **Seiketu (Normalização)** – Todas as fases anteriores deverão ser sistematizadas e normalizadas. As melhores práticas deverão ser normalizadas, registadas e disponíveis a todos os colaboradores, através de procedimentos, instruções, planos, entre outros.
- **Shitsuke (Disciplina)** – a autodisciplina advém da necessidade de se realizar os 4S anterior de uma forma sistemática e permanente sem a necessidade de supervisionamento.

De seguida, é apresentado um exemplo na Figura 1.



Figura 1 – Aplicação da ferramenta 5S (Valor Agregado Consulting, 2020)

Com a implementação dos 5S's, à medida que os trabalhos de limpeza e organização são executados, o desempenho e produtividade dos operadores também são aprimorados. Essa é uma consequência direta do trabalhador poder encontrar tudo com mais rapidez, sem cometer erros, de forma mais ergonômica e segura, executando com mais eficácia as suas tarefas. No entanto, as vantagens não se restringem apenas aos aspectos visuais e à matemática da eficiência produtiva. Por meio desta ferramenta, são também desenvolvidos níveis mais elevados de moral e orgulho dos trabalhadores (Costa et al., 2018).

### 2.1.2. VSM – Value Stream Mapping

O VSM é uma representação gráfica do fluxo de valor no processo produtivo, mostrando todas as operações do processo com os respectivos tempos de produção, nº de trabalhadores dedicados à tarefa e outras informações importantes. Este mapeamento engloba toda a informação de fluxo, seja de materiais ou de informações, desde a entrada de encomenda até à entrega do produto final (Pereira, 2015).

Esta ferramenta permite identificar as atividades que acrescentam valor e as que se apresentam como sendo um desperdício, sendo que as últimas devem ser eliminadas. Assim, de acordo com o seu valor, as atividades podem ser divididas em (Gomes, 2016):

- **Non-value-adding (NVA)** – Não apresentam valor para o consumidor e para a organização;
- **Necessary but non-value-adding (NNVA)** – Não apresentam valor para o consumidor, mas são necessárias à existente rotina organizacional;
- **Value adding (VA)** – Atividades que atribuem valor direto ao produto final;

A aplicação do VSM implica uma sequência de etapas, nomeadamente, a caracterização da família de produtos, a realização do mapa do estado atual e a sua análise para a elaboração do mapa de estado futuro. O mapa de estado atual reflete as condições do momento, servindo de levantamento para identificar atividades que não acrescentam valor e, de seguida, utilizar outras ferramentas lean

de forma a eliminar esses desperdícios. O mapa do estado futuro pretende refletir as melhorias que se pretende implementar após a análise do mapa no estado atual (Rovisco, 2017).

Assim, o VSM é uma excelente ferramenta como ponto de partida no processo de otimização de um processo de fabrico, uma vez que serve de auxílio à identificação de desperdícios e permite idealizar o fluxo de valor (Rosa et al., 2019).

### 2.1.3. Heijunka

*Heijunka* é uma palavra japonesa para "programação nivelada", de modo a que se possa acomodar um volume e um *mix* de produtos variáveis. Converte a instabilidade da procura dos clientes num nivelado e previsível processo de produção, e é geralmente usado em combinação com outras técnicas *Lean* para estabilizar o fluxo de valor, a programação de produção permite a combinação de itens diferentes de forma a garantir um fluxo contínuo de produção, nivelando também a procura de recursos de produção. É o principal conceito que ajuda a trazer estabilidade para o processo de produção (Pinto, 2009).

De acordo com Jones, D. T. (2006), *Heijunka* permite nivelar a carga das linhas misturando a ordem de fabrico dos produtos. Isso facilita a estabilidade e a standardização do trabalho. Outro objetivo de *Heijunka* é montar modelos diferentes na mesma linha eliminando os 3M's (*Mura, Muda, Muri*) graças à standardização do trabalho.

A aplicação de *Heijunka* permite produzir por ordem da procura do cliente. A prática de *Heijunka* reparte e equilibra a produção no conjunto dos meios disponíveis, em vez de submeter os meios específicos às irregularidades da procura. Contrariamente àquilo que se pensa, é mais fácil otimizar o equilíbrio dos postos quando as linhas são multimodelo: porquê? Um trabalho mais importante num produto é compensado por um trabalho mais leve no seguinte: as tarefas elementares são multiplicadas, fracionadas, sendo assim mais fácil a divisão em unidades elementares. Ao multiplicar as tarefas, repartindo-as da melhor forma e uniformizando-as graças a um nivelamento estudado, consegue-se utilizar melhor o tempo de trabalho disponível para a criação de valor (Jones, D. T. 2006).

### 2.1.4. Standard Work

O *Standard Work* é um conceito que, tal como o nome indica, pretende standarizar o trabalho, com o objetivo de reduzir os custos e criar produtos de qualidade. (Liker, J. K., & Meier, 2006).

O *Standard Work* é constituído por três elementos chave (Figura 2) (Monden, 1998):

- O tempo de ciclo normalizado: é o tempo de ciclo para a produção de um produto desde o princípio ao fim de modo a responder à procura do mercado;
- A sequência de *standar work*: consiste num conjunto de tarefas que são sequências e que representam a melhor e mais segura forma de executar o trabalho. Estas tarefas são executadas pelo operador de forma repetitiva e consistente ao longo do tempo;

- O inventário *Work-In-Process* normalizado: representa a quantidade mínima de *stock* que se deve manter para que seja possível assegurar a produção sem tempos improdutivos e com um fluxo contínuo.

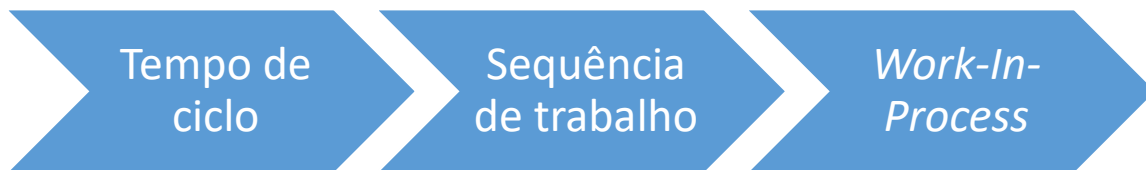


Figura 2 - Três Elementos Chave no Standard Work (Monden, 1998)

As operações e procedimentos normalizados permitem produzir eficientemente com o mínimo de desperdícios possível, utilizando regras e métodos eficientes (Lim, K., Ahmed, P. & Zairi, 1999). Losonci, Demeter e Jenei (2011) afirmam que ao estarem descritas as operações a executar, os operadores conseguem tornar-se polivalentes, pois têm acesso a toda a informação e podem aprender a executar novas tarefas, o que garante uma maior flexibilidade do sistema de produção.

O *standard work* é um dos aspetos considerados na base da casa TPS pois, segundo Spear e Bowen (1999), assegura, através da normalização, a identificação das atividades que acrescentam valor, ou seja, estabelece as atividades que maximizam o desempenho e minimizam os desperdícios.

Segundo Emiliani (2008), se aplicado corretamente, o *Standard Work* pode trazer inúmeras vantagens, tais como:

- A criação de pontos de referência a partir dos quais é possível melhorar continuamente;
- O controlo de processos;
- A redução de variabilidade;
- A melhoria da qualidade e da flexibilidade;
- A estabilidade (ou seja, resultados previsíveis);
- A previsibilidade de anormalidades.

Quando implementado, o *Standard Work* oferece melhorias no desempenho da empresa quase imediatas. Em algumas organizações, a produtividade aumenta 20% e o lead time decresce até 30% sem ser necessário implementar um programa de melhoria contínua (Grichnik, K., Bohnen, H., & Turner, 2009).

A normalização do trabalho permite aos operadores melhorar a sua criatividade e empreendedorismo, dando-lhes uma referência contra a qual eles podem medir as suas próprias ideias para a melhoria. Para além disto consegue-se ainda uma maior transparência interna, operadores mais envolvidos e disciplinados e um maior grau de atenção da administração para as operações.

Se forem concebidos com cuidado e com preocupação sobre funcionários, isto é, com informações claras e objetivas que sejam facilmente compreensíveis, os standards de trabalho conseguem assegurar que cada tarefa a executar é viável, sustentável e segura, tanto em termos de risco como do ponto de vista ergonómico. Deve ainda ser salientado o facto de que os operadores são livres

para propor padrões diferentes para serem aplicados (Arezes, P., Carvalho, D., Alves, 2010). Pode até dizer-se que o *standard work* é um precursor para a excelência, um catalisador para a satisfação do trabalhador e um degrau essencial para a melhoria contínua (Grichnik, K., Bohnen, H., & Turner, 2009).

Em muitas implementações do *standard work*, é possível observar que os operadores não gostam, uma vez que estes podem sentir alguma perda de flexibilidade e de autonomia. No entanto, em muitos casos, depois de algum tempo, os operadores conseguem compreender os benefícios desta ferramenta e a tensão inicial desaparece gradualmente (Arezes, P., Carvalho, D., Alves, 2010).

Muitas empresas falham na implementação do *Standard Work* porque não escolhem bem o que querem normalizar. Isto é, ou escolhem áreas para normalizar de forma pouco metódica ou escolhem normalizar tudo (Grichnik, K., Bohnen, H., & Turner, 2009).

Spear e Bowen (1999) propuseram um conjunto de regras às quais se deve obedecer quando se pretende implementar o *Standard Work*:

- O trabalho deve ser analisado detalhadamente, tendo em consideração a sequência, o tempo de produção, o modo como se realiza e o resultado;
- A ligação existente entre o cliente e o fornecedor deve ser clara e direta no que toca à receção de respostas ou solicitações;
- O transporte dos produtos nos postos de trabalho deve ser direto e simples;
- Todas as melhorias devem ser feitas seguindo o método científico e sob orientação de uma pessoa especializada.

### 2.1.5. SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

Um dos grandes entraves à implementação de uma produção nivelada são os grandes tempos de *Setup* que impedem a produção alternada de diferentes produtos. Para além disso, elevados tempos de *Setup* podem implicar a criação de elevados *stocks* para se poder alimentar de uma forma contínua a produção. Assim, reduzir o tempo de *Setup* é essencial para a redução de um dos sete tipos de desperdícios: os *stocks* (Marchwinski, C., & Shook, J., 2003).

Em 1985, Shingo introduziu uma metodologia designada por SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) que é definida como sendo o conjunto de “métodos que levam à rápida mudança da ferramenta”.

Para melhor entender esta metodologia, é importante definir o conceito de *setup* e tempo de *setup*. Segundo Marchwinski, C., & Shook, J. (2003), o *setup* consiste na troca de referência em produção, numa máquina ou numa série de máquinas interligadas, pela troca de peças, ferramentas, moldes e/ou apertos. Assim, o tempo de *setup* inclui o período entre a produção da última peça da referência de saída e a produção da primeira peça, com qualidade, da referência de entrada.

Para além disso, é importante diferenciar *setup* interno de *setup* externo (Kumar, B. S., & Abuthakeer, 2012):

- **Setup interno** – operações de *setup* que só podem ser feitas quando a máquina está parada;

- **Setup externo** – operações de *setup* que podem ser feitas quando a máquina está a funcionar.

Segundo Shingo (1989), a metodologia SMED é composta por quatro fases:

- **Fase 0** (Fase Preliminar) – Nesta fase não se distinguem as operações internas e externas. O processo é desorganizado e não planeado. Apenas é efetuada a observação do procedimento atual;
- **Fase 1** (Separação dos *setups* internos e externos) – Consiste em preparar a troca de ferramenta antecipadamente, isto é, realizar as tarefas que podem ser realizadas com a máquina a trabalhar em vez de as executar apenas quando a máquina está parada. Esta é a grande diferença na implementação de SMED, sendo que com esta fase é possível poupar cerca de 30% a 50% do tempo;
- **Fase 2** (Conversão dos *setups* internos e externos) – Transformação das atividades internas em externas permite obter uma redução do tempo em que o equipamento se encontra parado. Uma preparação prévia das operações e respetiva padronização do processo são as técnicas de suporte utilizadas neste estágio;
- **Fase 3** (Otimização de todas as operações de *setup*) – A última fase visa a melhoria sistemática de todas as operações, quer internas, quer externas. Pretende-se implementar soluções que permitam realizar as diferentes operações de modo mais fácil, seguro e rápido.

Estas quatro fases estão ilustradas na Figura 3.

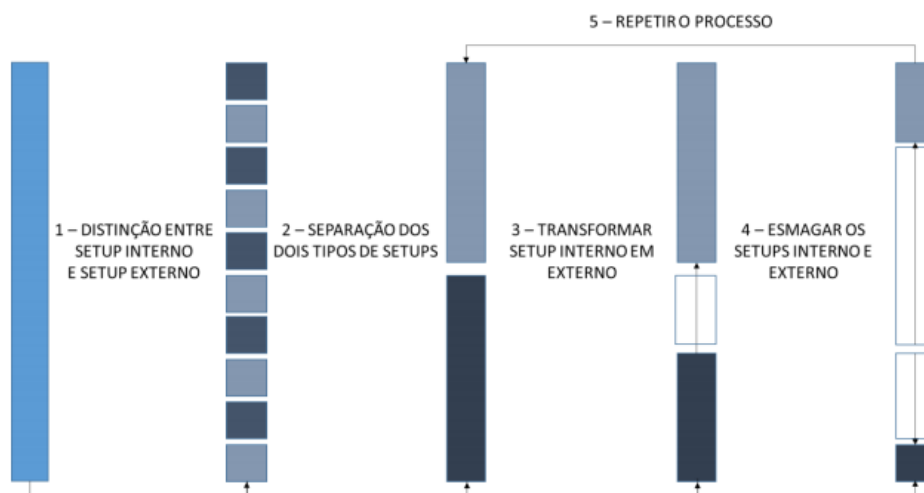


Figura 3 – Etapas de aplicação do SMED (Kumar, B. S., & Abuthakeer, 2012)

### 2.1.6. *Kanban*

O sistema *kanban* – derivado da palavra japonesa *kanban* que significa “sinal” – foi desenvolvido pela *Toyota* na década de 1950, por Taiichi Ohno com a finalidade de controlar a produção e movimentação de material em processos produtivos. É um sistema simples e visual, que acarreta baixos investimentos para ser implementado, tendo como principal objetivo diminuir os desperdícios de superprodução e *stocks* (Cimorelli, 2016) (Akdeniz, 2015).

Ohno verificou que “as empresas têm sempre tendência a produzir em excesso” e tentou encontrar uma forma de produzir (Alain Courtois et al., 2007):

- O produto pretendido pelo cliente e não qualquer outro;
- Quando o produto é encomendado (nem antes nem depois);
- Na quantidade encomendada (nem mais nem menos).

O sistema *kanban* “puxa” o processo de produção, evidenciando os princípios da metodologia *Just-in-Time*, que refere que a produção deve ter o seu ritmo em função da procura do cliente. O *kanban* é utilizado, principalmente, na forma de cartão e transmite as necessidades do posto de trabalho a jusante ao posto de trabalho a montante (Cimorelli, 2016). Existem dois tipos principais de *kanban* (Wang, 2010):

- *Kanban* de produção – autoriza o processo a montante a produzir, consoante as necessidades do processo a jusante;
- *Kanban* de transporte – autoriza a movimentação de peças entre o processo a jusante e o processo a montante.

### 2.1.7. *Jidoka*

Um dos pilares do TPS é o *Jidoka*, uma palavra de origem japonesa que tem como significado automação com características humanas. O *Jidoka* teve a sua origem ligada à automação da máquina de tear fabricada por Sakichi Toyoda, fundador da *Toyoda Automatic Loom Works* (Moreira, 2011).

Este é um conceito importante porque há uma preocupação evidente em não cometer o mesmo erro várias vezes, ou seja, quando algum erro ocorria durante o processo produtivo e não era detetado, este era arrastado ao longo da produção e só seria detetado nas últimas fases do processo produtivo e de ter acumulado um elevado prejuízo para a organização (Pinto, 2009).

O problema do tear, identificado por Toyoda, era que este continuava a funcionar mesmo que um fio se rompesse, sendo o defeito detetado só no fim da produção, resultando em grandes quantidades de tecido não conforme. A solução implementada por Toyoda foi dotar a máquina da capacidade de parar quando esta detetasse defeito na linha, assim como dando “liberdade” à máquina para parar quando detetasse o fim da linha ou quando se atingisse a quantidade de produção programada. Com base nesta invenção, foi possível dispensar o trabalhador que estava encarregue de monitorizar a máquina, para um outro posto de trabalho, melhorando a utilização dos recursos, reduzindo a produção de material com defeito e aumentando a segurança dos

trabalhadores. A segurança do trabalhador pode aumentar, retirando-o de tarefas/máquinas perigosas ou, depois de premir o botão, ativando cancelas para salvaguardar a segurança do operador ou ainda, projetando mecanismos/sensores que param as máquinas em caso de perigo para o operador (Ohno, 1988).

Segundo Hirano (2009), existem quatro passos a ter em conta para o desenvolvimento do *Jidoka* e em cada uma dessas etapas há uma preocupação com a relação entre as pessoas e a máquina (Hirano, 2009):

1. **Trabalho manual** - este só faz sentido quando o seu custo é barato ou quando esse mesmo trabalho possa ser feito de forma muito rápida;
2. **Mecanização** - significa deixar uma parte das operações manuais na máquina. É neste estágio que o trabalho é partilhado entre o homem e a máquina;
3. **Automação** - nesta etapa o trabalho manual é novamente retomado pela máquina. O trabalhador apenas seleciona a peça que vai para a máquina;
4. **Jidoka** (automação humana) - neste passo o trabalhador apenas configura as peças na máquina e deixa esta a fazer o seu trabalho. Contudo, o trabalhador não precisa de se preocupar com os defeitos pois será a própria máquina a dar o alerta quando surgir um defeito.

### 2.1.8. TPM – *Total Productive Maintenance*

Para resolver os problemas de desperdícios ou perdas associadas aos operadores, manutenção, processos, problemas de ferramentas, indisponibilidade de componentes, entre outros, o *Total Productive Maintenance* (TPM) foi adotado em muitas indústrias em todo o mundo. O objetivo do programa TPM é melhorar a produtividade e a qualidade, juntamente com o aumento de motivação dos trabalhadores e da satisfação no trabalho. A manutenção preventiva anteriormente era considerada um processo que não acrescentava valor, contudo, cada vez mais se torna um requisito essencial para um ciclo de vida mais longo das máquinas (Singh et al., 2013).

Uma definição mais sintética do TPM é dada (Salgueiro, 2015):

- **Total** – Todos os colaboradores são envolvidos nas atividades com o objetivo de eliminar todos os acidentes, defeitos e falhas;
- **Productive** – Todas as ações são realizadas enquanto a produção é contínua, os problemas para a produção são minimizados;
- **Maintenance** – Mantém uma boa condição dos equipamentos reparando, limpando e lubrificando.

Existe uma série de passos a seguir para a implementação do TPM. Estes passos são sustentados em conceitos que permitem estabelecer a base para garantir o sucesso da implementação. Neste sentido, foram criados oito pilares que representam ferramentas e práticas que servem como guia para atingir os objetivos. Como demonstra a Figura 4, estes pilares aparecem ilustrados como se de

uma casa se tratasse, onde os mesmos devem ser sustentados antes para que a casa possa ser contruída (Díaz-Reza et al., 2018).

Assim sendo, de seguida são explicados os oito pilares.

1. **5S** – O TPM tem como ponto de partida os 5S's. Só com esta ferramenta implementada será possível serem detetados problemas, uma vez que num posto de trabalho onde não haja limpeza e organização, mais dificilmente são encontradas as falhas (Agustiady & Cudney, 2016).
2. **Manutenção autónoma** – Neste primeiro pilar, os operadores são responsáveis por pequenas tarefas de manutenção do seu próprio equipamento. Tal facto, faz com que o pessoal qualificado em manutenção, tenha mais tempo para se focar nas atividades de valor e em reparações técnicas (Agustiady & Cudney, 2016).
3. **Foco na melhoria (Kaizen)** – Inclui todas as atividades que maximizam a eficácia geral dos equipamentos e processos através da eliminação de perdas. *Kaizen* representa a mudança para melhor de uma forma contínua. Este pilar defende que uma grande quantidade de pequenas melhorias, é por vezes mais eficiente que uma grande melhoria (Gupta & Garg, 2012).
4. **Manutenção planeada** – Tem como objetivo atingir e manter a disponibilidade das máquinas, zero falhas e avarias, melhorar a confiabilidade e facilidade de manutenção e garantir sempre a existência de peças substitutas (Díaz-Reza et al., 2018). A manutenção pode ser dividida em dois tipos de abordagens como a manutenção preventiva e a manutenção corretiva, sendo que a manutenção preventiva pode ser ainda dividida em manutenção sistemática e manutenção condicionada ou preditiva, já a manutenção corretiva pode ser dividida em paliativa e curativa (Kardec, A & Nascif, 2003).
5. **Manutenção de qualidade** – Este pilar tem como objetivo evitar defeitos de qualidade tentando assegurar os zero defeitos. A manutenção de qualidade tem o seu foco centrado no operador, no material, nas máquinas e no método. Os benefícios deste pilar são a redução nas reclamações dos clientes, redução do tempo de inspeção e redução dos defeitos nos processos (Sinha P., 2008).
6. **Treino e formação** – Este pilar tem a finalidade de ter operadores polivalentes que tenham uma grande motivação para trabalhar e realizar todas as suas tarefas necessárias de forma independente e eficaz. A formação é dada aos trabalhadores para que as suas aptidões estejam em constante atualização (Agustiady & Cudney, 2016).
7. **TPM no escritório** – O foco deste pilar está centrado nos escritórios da gestão de topo, na prestação de serviços e suporte ao departamento da produção com foco nos postos de trabalho e na organização eficaz dos procedimentos padrão de produção. É aqui que os especialistas técnicos no processo especificam a máquina adequada, os técnicos de manutenção estabelecem a melhor estratégia de manutenção e os operadores de máquinas fazem o uso correto dos equipamentos (Díaz-Reza et al., 2018).
8. **Saúde, segurança e ambiente** – Este pilas providencia um ambiente de trabalho ideal sem acidentes ou lesões, eliminando as condições prejudiciais e esforços nos procedimentos desnecessários (Adesta et al., 2018). O foco é criar um local de trabalho seguro que não

seja danificado pelos processos produtivos. A meta deste pilar é atingir zero acidentes, zero danos à saúde e zero incêndios (Wakjira & Singh, 2012).

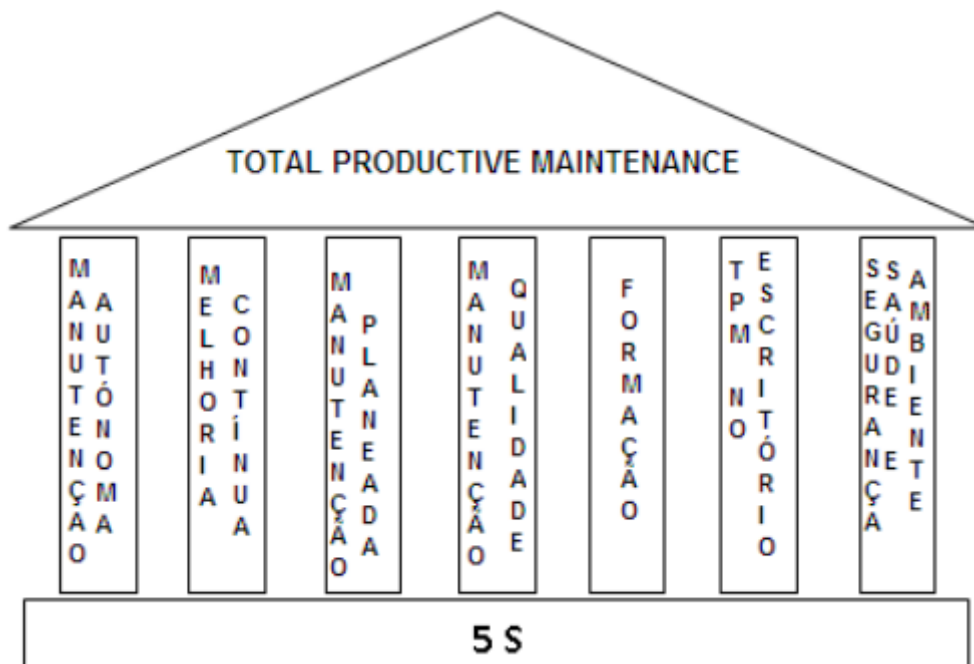


Figura 4 - Pilares do TPM (Amorim G., 2011)

### 2.1.9. One-Piece-Flow

*One-Piece Flow* consiste na movimentação contínua dos produtos, unidade a unidade, ao longo do processo produtivo, com o mínimo tempo de espera e a menor distância entre os diferentes postos, como se pode ver no exemplo da Figura 5. Este fluxo reduz então o tempo de processamento, os stocks intermédios e respetivos custos e leva ainda a melhorias na qualidade (Ohno, 1988).

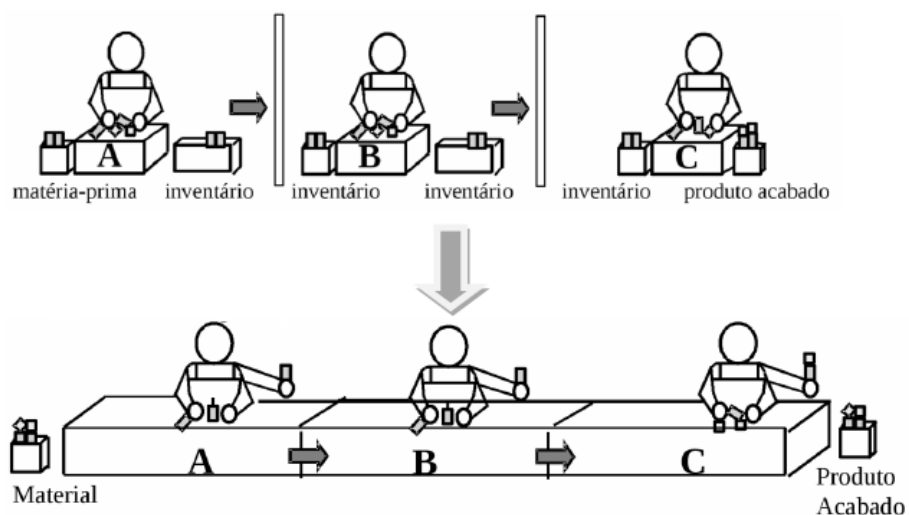


Figura 5 - Fluxo de produção tradicional e fluxo de produção One-Piece Flow (Ghinato, 2000)

A verdade é que a ligação dos diferentes processos foi um processo difícil, uma vez que surgiram graves problemas devido à dificuldade de constante necessidade de resposta imediata por parte de equipamentos e colaboradores para que o fluxo não parasse. Esta dificuldade de manutenção do fluxo continuado acabou mesmo por se manifestar através de paragens da linha de produção. Estas paragens que noutra qualquer empresas eram inaceitáveis, foram vistas, pela *Toyota*, como uma oportunidade de identificar as suas fraquezas, atacá-las e assim reforçar todo o seu sistema (Liker, J. K., & Meier, 2006) .

Para que as paragens de linha não pusessem em causa a obtenção dos objetivos de produção, elas teriam de ser eliminadas ou, no caso dessa impossibilidade, deveriam ser resolvidas o mais rápido possível. Para isso foi fundamental a existência de SMED – *Single Minute Exchange of Dies* – que consiste num conjunto de métodos que levam à redução dos tempos de Setup, sejam eles relacionados com avarias, mudanças de peças ou ajustes (Pinto, 2008).

Apesar de ter sido de difícil implementação, este sistema trouxe grandes vantagens como mostra a Figura 6.

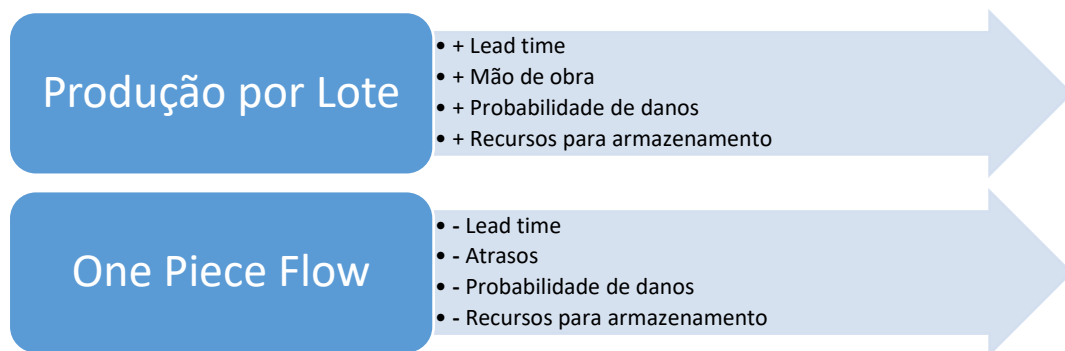


Figura 6 - Vantagens do One-Piece Flow relativamente à produção por lote (Ohno, 1988)

Outro grande problema das empresas foi a existência do lote de produção, que é a quantidade de itens, estipulada pelo plano de produção, que são introduzidos na linha de produção, o que reduzia bastante a flexibilidade do processo produtivo e que tornava os *lead times* mais elevados. Para dar resposta a este problema surgiu então o lote de transferência que consiste no número de itens que são passados de posto para posto ao longo da linha. Este sistema apesar de não ser o idealizado por Ohno, permite que o processo produtivo seja mais flexível e que tenha um lead-time menor. Este sistema ficou então conhecido como “*Continuous Flow*”, conceito que assenta na base do “*One-Piece Flow*” mas em que os itens não correm ao longo da linha produtiva unidade a unidade (Liker, J. K., & Meier, 2006).

Consoante o tipo ou tipos de produtos com que uma empresa lida, a escolha entre produção por lote ou unidade a unidade deve ser tomada de forma a garantir o melhor cumprimento dos objetivos de produção. Para ajudar na tomada de decisão, a empresa deve saber quais os produtos que têm mais importância e que devem ser alvo de maior preocupação e quais os que não merecem tanta atenção. Após ter sido encontrada uma solução para a existência de lotes de produção e das possíveis paragens na linha produtiva, surgiram problemas relacionados com o dimensionamento das empresas, não sendo possível por vezes que o processo funcionasse em célula e obrigando por vezes a que fosse dividido por diferentes áreas. Era então essencial que o processo se mantivesse conectado e foi devido a essa necessidade que nasceu o conceito de *kanban* (Liker, J. K., & Meier, 2006).

### 2.1.10. *Poke-Yoke*

*Poka-yoke* é um termo japonês que significa “sistema à prova de erros” e teve origem nas experiências da Toyota Motors Company, que tinham como objetivo obter zero defeitos na produção e eliminar as inspeções de qualidade (Grout, J. & Toussaint, 2010).

Se este conceito for implementado, os enganos podem ser prevenidos antes que se cometam defeitos e que estes possam chegar ao cliente (interno e externo). Ainda que os sistemas *poka-yoke* sejam utilizados para prevenir erros em qualquer processo, eles são normalmente direcionados para tarefas repetitivas, onde o potencial de falha humana é bastante superior (Scyoc, 2008).

O *poka-yoke* possibilita a inspeção através de controlo físico ou mecânico. Existem duas formas de uso do *poka-yoke* para corrigir erros (Apreutesei et al., 2010):

- **Método de controlo:** Quando o *poka-yoke* é ativado, a máquina ou linha de produção para, de forma que o problema possa ser corrigido, prevenindo a ocorrência de erros em cadeia. Através deste método é possível atingir o conceito de zero defeitos, sempre presente no pensamento lean;
- **Método de aviso:** Quando o *poka-yoke* é ativado, é acionado um alarme ou uma luz de sinalização que alerta o trabalhador. Com este método, os defeitos continuarão a ocorrer até que o operador intervenha, pelo que é considerado um método menos poderoso na diminuição de produtos defeituosos.

A frequência com que ocorrem defeitos e o facto de poderem ou não ser corrigidos irá influenciar a escolha entre estes dois métodos. Defeitos frequentes ou impossíveis de corrigir exigem um *poka-yoke* de controlo, por outro lado, se a frequência de defeitos é baixa e é possível corrigir os defeitos, é preferível optar por um *poka-yoke* de aviso (Scyoc, 2008).

Através da eliminação do defeito na fonte, o custo do erro é minimizado. Em muitos casos, a qualidade é analisada no final de cada etapa do processo. Se o erro foi cometido no início da etapa, então o valor investido em toda essa etapa, até ao ponto da inspeção, irá gerar um aumento no custo do erro. O *poka-yoke* é assim um processo eficaz e relativamente económico de reduzir os defeitos de fabrico e conseqüentemente os custos (Grout, J. & Toussaint, 2010).

Contudo, a aplicação do *poka-yoke* não se restringe unicamente à área produtiva e de manufatura, podendo ser aplicado na melhoria de produtos, serviços e processos em todos os tipos de organizações (Chiarini, 2011). As técnicas e ou ferramentas a serem usadas no projeto do *poka-yokes* estão unicamente limitadas pela imaginação dos colaboradores (Apreutesei et al., 2010).

## 2.2. Metodologias Lean

### 2.2.1. JIT - *Just-in-Time*

O JIT - *Just-in-Time* é um sistema que apresenta como base três princípios, sendo eles os seguintes (Dennis, 2017):

- *Takt Time* – o sistema de produção deve ter o seu ritmo em função da procura do cliente;
- *One-Piece Flow* – o sistema deve idealmente produzir uma peça de cada vez;
- *Downstream Pull* – o sistema deve ser puxado pelo último posto para garantir que não existe produção que não seja necessária.

Este sistema surgiu da ideia de Kiichiro *Toyota* de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem, no momento exato da sua utilização (Dennis, 2017).

Apesar de ter sido idealizado por Kiichiro, o *Just-in-Time* viria a ser implementado por Ohno e ficou conhecido como um sistema de produção repetitiva no qual o processamento e movimentação de materiais ocorre à medida que estes são necessários, usualmente em pequenos lotes e que tem como objetivo eliminar qualquer tipo de *stock*, uma vez que este é tido como um desperdício (Pinto, 2008), (Ohno, 1988).

A eliminação de qualquer tipo de *stock* que Ohno pretendia é uma tarefa praticamente impossível de realizar pelo que a chave para uma maior eficiência produtiva passa então pela redução contínua de *stock* existente. No que diz respeito a *stocks*, sempre houve uma tendência por parte das empresas para a sua acumulação tendo esta decisão como base uma estimativa de defeitos, colapso de equipamentos e absentismo por parte dos colaboradores. A *Toyota* contrariamente opõe-se a essa prática, defendendo que a acumulação de *stocks* contribui para esconder ou encobrir os problemas de produção, impossibilitando estabelecer um local de trabalho com uma constituição forte. Esta filosofia oferece então um fluxo de trabalho suave, contínuo e otimizado, cuidadosamente planeado que permite assim reduzir o custo associado ao tempo perdido em esperas de materiais (Art of Lean, s.d.).

Conclui-se assim que a implementação do *Just-in-Time* consiste na garantia de um fluxo contínuo e conectado, de forma a que não sejam gerados tantos desperdícios entre processos, que seja puxado, de forma a garantir que o que é produzido é realmente necessário e que seja controlado pela procura do cliente para evitar produções deficientes ou excessivas.

### 2.2.2. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) é uma ferramenta cíclica de resolução de problemas focada na melhoria contínua. Esta metodologia é composta por quatro etapas (Pinto, 2009):

- **Planear (*Plan*)** – Estabelecimento de um objetivo de melhoria e identificação das causas que poderão impedir a sua concretização, com o intuito de criar um plano de ação para implementar essa melhoria.

- **Fazer (Do)** – Implementação do plano e recolha de dados para análise.
- **Verificar (Check)** – Análise dos resultados obtidos na etapa anterior e comparação com os resultados que seriam esperados.
- **Agir (Act)** – Elaboração de um padrão de novos procedimentos para o caso de recorrência do problema inicial. Caso o problema não tenha sido corrigido é importante perceber a condição atual em que se encontra e definir novas metas para a melhoria pretendida, recomeçando o ciclo na etapa de planeamento.

## 2.3. Métricas Lean

### 2.3.1. Takt Time

Para que exista um sistema *Just-in-Time* é fundamental que o ciclo de trabalho esteja sincronizado com a procura do cliente, para evitar deficiências ou excessos de produção.

Para que exista então uma sincronia entre a produção e a procura do cliente é necessário que esteja bem presente o conceito de *takt time*, que é utilizado para medir o ritmo da procura por parte dos clientes e é obtido através da Equação 1:

*Equação 1 - Fórmula Takt Time*

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produzir}{Volume\ de\ produção\ diária\ necessária}$$

O valor do numerador corresponde ao tempo disponível que existe para produzir, não considerando tempos de paragens. O denominador corresponde ao número de unidades de um produto que é necessário produzir por dia (Pinto, 2014).

Apesar de no *Just-in-Time* o fluxo ser puxado, é necessário que cada colaborador quando tiver de produzir saiba a que ritmo tem de o fazer para que não seja demasiado rápido, para não se correr o risco de acumulação de *stocks* intermédios, nem demasiado lento, para não se correr o risco de paragem da linha (Liker, J. K., & Meier, 2006).

O *takt time* serve então como coordenador do processo, mas assume ainda outro papel muito importante, o de contribuir para o dimensionamento dos postos de trabalho no que diz respeito principalmente a capacidades dos equipamentos e número de colaboradores necessários para que o fluxo de produção seja contínuo e não existam paragens (Liker, J. K., & Meier, 2006).

### 2.3.2. OEE – Overall Equipment Effectiveness

O equipamento ideal, funcionaria sem interrupções à velocidade máxima, sem originar problemas de qualidade. No entanto, a maioria dos equipamentos apresenta reduções de eficiência devido a pequenas paragens e a ocorrência de defeitos durante o processo (Team, 1999).

Para medir a eficiência global de um equipamento, Nakajima (1988) propôs a utilização de um indicador denominado OEE – *Overall Equipment Effectiveness*. Para o cálculo do OEE é fundamental identificar todas as perdas relacionadas com os equipamentos para que estas possam ser minimizadas de maneira a aumentar a sua eficiência global.

Segundo Nakajima (1988), existem seis grandes perdas relacionadas com o equipamento de produção que se dividem em três categorias – disponibilidade, performance e qualidade – como se pode ver na Figura 7. O indicador OEE não inclui perdas previstas no plano de produção como, por exemplo, pausas para refeições dos operadores ou pausas obrigatórias, manutenções planeadas, entre outras (Andersson, C., & Bellgran, 2015). Assim, as seis grandes perdas relacionadas com o equipamento de produção são (Nakajima, 1988):

- **Perdas por avaria** – Este tipo de perdas ocorre quando existem falhas nos equipamentos, originando a sua paragem;
- **Perdas por Setup** – Perdas relacionadas com o fim da produção de um determinado produto até à obtenção de um novo. Estas perdas abrangem remoção de peças, limpeza do equipamento e área de trabalho, colocação de novas ferramentas e possíveis reajustes. A aplicação da técnica de SMED é utilizada pois minimiza o número de operações enquanto o equipamento está parado, e reduz o tempo de operação de preparação;
- **Perdas por interrupções** – Problemas no equipamento que são de rápida reparação e normalmente executada pelo operador, como por exemplo a sujidade na ferramenta que pode causar defeitos na peça;
- **Redução da velocidade de produção** – Relação entre a velocidade de produção teórica comparada com a real tendo em conta o desfasamento. Podem estar associadas por problemas da própria operação, qualidade do processo ou até da própria engenharia e dos tempos de ciclo teórico mal definidos;
- **Defeitos do processo** – Perdas geradas por defeitos no produto que poderá ser retrabalhado, caso seja possível recuperá-lo, ou descartado, por não cumprir os requisitos mínimos da qualidade;
- **Rejeições durante o arranque** – Corresponde às peças que são produzidas com não conformidades durante a inicialização do processo.

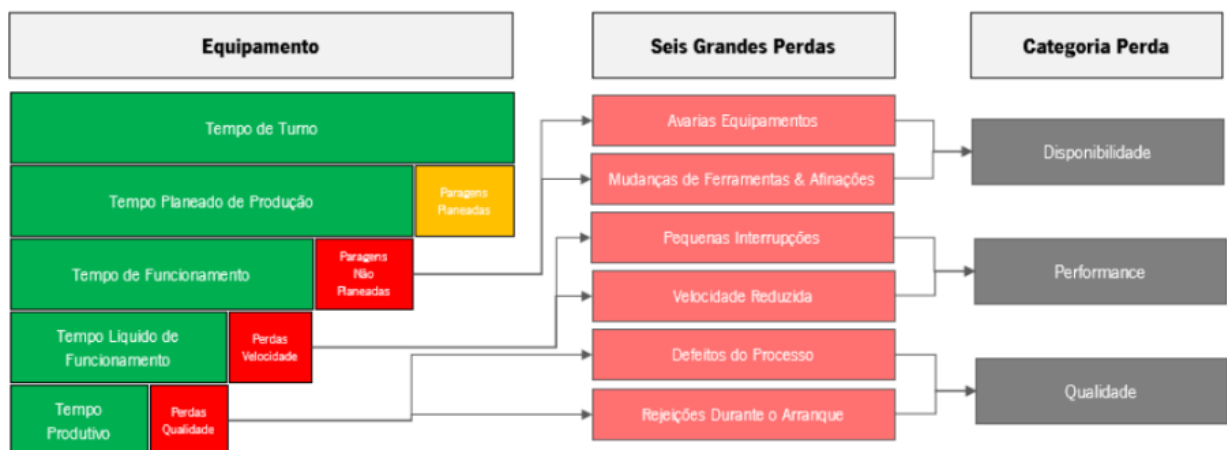


Figura 7 – Relação entre as Seis Grandes Perdas e os Fatores do OEE (Nakajima, 1988)

O indicador OEE é calculado pela multiplicação dos três índices: disponibilidade, performance e qualidade, como expressa a Equação 2 (Ahuja J.S & Khamba, 2008).

*Equação 2 - Fórmula OEE*

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

A disponibilidade, Equação 3, relaciona o tempo planejado de produção com o tempo efetivo de produção do equipamento. O tempo efetivo de produção tem em conta as perdas por paragem devido a avaria e tempos de setup (Ahuja J.S & Khamba, 2008).

*Equação 3 - Fórmula da disponibilidade*

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo planejado de produção} - \text{Tempo das paragens não planejadas}}{\text{Tempo planejado de produção}}$$

Em relação à velocidade, o índice é obtido pela relação de peças produzidas e do objetivo de produção que é calculado, como mostra a Equação 4, através das cadências teóricas previamente estabelecidas (Ahuja J.S & Khamba, 2008).

*Equação 4 - Fórmula da performance*

$$Performance = \frac{\text{Tempo líquido de funcionamento}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

A Equação 5 mostra que para calcular o índice de qualidade é necessário conhecer o número real total de peças produzidas, as peças que foram sujeitas a retrabalho e aquelas que foram rejeitadas (Ahuja J.S & Khamba, 2008).

*Equação 5 - Fórmula da qualidade*

$$Qualidade = \frac{\text{Total real produzido} - \sum(\text{defeitos} + \text{retrabalho})}{\text{Total real produzido}}$$

Segundo Nakajima (1989), o valor do indicador OEE deve igual ou superior a 85% como se pode ver na Tabela 1.

*Tabela 1 – Valores ideais do OEE (Nakajima, 1989)*

<b>Valores ideais</b>	
<b>Disponibilidade</b>	90%
<b>Qualidade</b>	99%
<b>Velocidade</b>	95%
<b>OEE</b>	85%

## 2.4. Tipos de desperdícios - 3M

O TPS (*Toyota Production System*) destaca três grandes tipos de perdas, designados por 3M's: *Muda* (desperdício), *Mura* (irregularidade) e *Muri* (sobrecarga), como mostra a Figura 8. Todos estes tipos de desperdício estão relacionados entre si (Coimbra, 2013).



Figura 8 - Tipos de desperdícios (Oliveira J.P., 2015)

Muda significa desperdício, ou seja, toda a atividade humana que absorve recursos como tempo, dinheiro e mão de obra, adicionando custos. No entanto, esses custos adicionais não geram valor ao produto, como tal, o desperdício deve ser reduzido ou eliminado.

Segundo Ohno (1988), existem sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados:

- **Excesso de produção** – este é o pior dos desperdícios, pois implica outros tipos de desperdícios como, por exemplo, excesso de *stocks*. Este desperdício acontece quando se produz mais do que o cliente pede.
- **Tempo de espera** – refere-se a situações em que o produto está pronto a ser transformado, mas fica à espera de recursos, como, máquinas, pessoas, matérias-primas ou informações não disponíveis.
- **Transporte** – este tipo de desperdício está ligado ao fluxo de materiais, desde o fornecedor até ao cliente final. Qualquer movimentação de materiais ou do produto que não acrescente valor é um desperdício de transporte. Muitas vezes são verificadas movimentações em demasia devido à má disposição do *layout*, portanto este deve ser pensado de maneira a que os produtos percorram a menor distância possível.
- **Processamento inadequado** – processos realizados que não são necessários, ou então que são feitos de forma ineficiente.
- **Movimentação de operações** – a diferença deste desperdício para os transportes é que este tipo é referente às movimentações dos operadores e equipamentos que não adicionam valor, e não às movimentações de materiais e produtos. Procura de ferramentas, documentos ou materiais, tirar dúvidas e abastecimento do próprio posto são exemplos de movimentações a que este tipo de desperdício está ligado.

- **Produtos defeituosos ou retrabalho** – defeitos são não-conformidades no produto que implica uma rejeição total do mesmo ou retrabalho para correção da não-conformidade. Produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, entre outros. Para o menor consumo possível de materiais e tempo, é necessário identificar o defeito o mais cedo possível.
- **Stocks** – a acumulação de *stocks* ao longo do sistema produtivo pode trazer outros tipos de desperdícios como defeitos e transportes, para além de ocuparem área desnecessária.

*Muri* significa sobrecarga e pode estar relacionado com os recursos (máquinas e/ou pessoas), apresentando como consequência o stress dos operadores reduzindo a sua capacidade de trabalho e o aumento do número de defeitos e avarias. *Mura* significa inconsistência e é a consequência de um deficiente balanceamento das diferentes secções, resultando em planeamentos de produção desadequados (Liker, J. K., & Meier, 2006).

### 3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

Neste capítulo será feita uma explicação do método utilizado para a obtenção das publicações analisadas, bem como a construção completa da auditoria *lean*.

#### 3.1. Base de dados e critérios para a seleção dos artigos utilizados

Esta pesquisa foi realizada na plataforma *Web of Science*, que contém inúmeras publicações de artigos vindos de instituições de renome, tais como jornais, revistas, conferências, entre outras. o critério de seleção dos artigos está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fases da investigação

Fase	Descrição
1	Definição do tema
2	Seleção do tipo de documentos possíveis e elegíveis para a investigação
3	Seleção da plataforma a ser utilizada e respetivo período temporal
4	Seleção dos termos pesquisados
5	Recolha de artigos da plataforma <i>Web of Science</i> baseado na primeira pesquisa (" <i>lean tools</i> ") – N=349
6	Aplicação do filtro manual " <i>lean manufacturing</i> " – N=123
7	Análise qualitativa e quantitativa das publicações recolhidas – N=121
8	Síntese das conclusões retiradas

A recolha de publicações da plataforma iniciou-se com a sequência de duas palavras chave inseridas na pesquisa, "*lean tools*". Daí, resultou uma amostra de 349 publicações. Este conjunto de artigos, foi submetido a uma segunda pesquisa feita manualmente, que desta vez foi realizada com o conjunto de palavras "*lean manufacturing*". Nesta triagem, foram excluídos artigos que não continham esta combinação de palavras. Após a segunda pesquisa, a amostra foi reduzida para um total de 123 artigos, sendo estes mesmos a ferramenta principal desta investigação empírica elaborada.

É importante referir que das 123 publicações encontradas na pesquisa, nem todas foram possíveis serem aproveitadas para este estudo, uma vez que o seu conteúdo não correspondia às expectativas desejadas. De notar também que não foi possível ter acesso a todas as 123 publicações, uma vez que essas não estavam disponíveis *online*. Após essa tentativa, foram enviados emails para os autores para pedir acesso, contudo não se obteve qualquer resposta. De 123, passaram a ser 121 publicações disponibilizadas.

Para ser realizada esta análise, foi utilizado o *software* MS Excel para a criação de uma tabela de base de dados, onde se encontram os autores, os títulos, os anos e o local de publicação, o país, o setor de atividade e as ferramentas *lean* usadas em cada artigo.

## 3.2. Auditoria

Com o intuito de ser avaliado o estado atual de uma empresa no que diz respeito à utilização de ferramentas *lean*, foi desenvolvida uma auditoria geral dos vários tipos de ferramentas. A auditoria vai permitir aos gestores das empresas um momento de reflexão sobre a situação atual da mesma. Permite também monitorizar se as mudanças realizadas anteriormente continuam a ser bem utilizadas e verificar se existem evoluções.

A periodicidade recomendada para a realização da auditoria *lean* é de um ano para que seja possível identificar oportunidades de melhorias através da implementação de ferramentas *lean*, arranjar soluções para implementá-las, disciplinar os operadores para utilização das mesmas e, por fim, avaliar os resultados obtidos.

A estrutura proposta para esta auditoria tem como objetivo não só perceber o estado atual da empresa no que diz respeito à implementação de ferramentas/metodologias *lean*, mas também perceber a evolução da mesma, comparando com os resultados da auditoria anterior. Assim sendo, o documento encontra-se dividido em três grandes partes:

**1 – Identificação e histórico de auditorias da empresa:** a primeira parte da auditoria permite a identificação da empresa, seguido da verificação do estado da empresa na auditoria anterior de forma a que seja possível avaliar a sua evolução (Figura 9).

Empresa	<input type="text"/>		
1ª Auditoria <i>Lean</i> ?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>	
Data da última auditoria	<input type="text"/>	Avaliação da última auditoria	<input type="text"/>

Figura 9 – Cabeçalho da auditoria

**2 – Tabela de verificação das ferramentas *lean*:** a parte fulcral da auditoria é constituída por um conjunto de verificações que estão divididas por 12 capítulos referentes a diferentes ferramentas/metodologias *lean*, como demonstra a Figura 10. A avaliação atribuída a cada ponto foi estabelecida seguindo uma escala de 0 a 3, onde:

- 0 – Corresponde a não haver nada implementado;
- 1 – Significa que existem documentos elaborados, mas não houve formações aos trabalhadores;
- 2 – Foram dadas formações aos trabalhadores, contudo não está a ser cumprido;
- 3 – Indica que tudo se encontra implementado e em prática.

	Pontos a verificar	Classificação				Notas
		0	1	2	3	
1 – 5S	1.1	As ferramentas que estão nos locais de trabalho são as apropriadas?				
	1.2	Os materiais e ferramentas estão devidamente identificadas?				
	1.3	As vias de trabalho / bancas / prateleiras estão limpas e organizadas?				
	1.4	Existem todos os recursos / materiais necessários para produzir?				
2 - SMED	2.1	As atividades externas estão a ser feitas com a máquina desligada?				
	2.2	As ferramentas são trocadas com as máquinas em produção?				
	2.3	Para a mesma troca de ferramenta, o <i>setup</i> é realizado parcialmente com a máquina em produção e parada?				

Figura 10 – Tabela de verificação das ferramentas lean

**3 – Avaliação final da auditoria:** No final da auditoria (Figura 11) existe um campo para observações gerais e outro para sugestões de melhoria. Existe também um campo com a avaliação global da auditoria, que corresponde ao somatório de todas as pontuações atribuídas às questões dividido pelo total de questões (61). As pontuações possíveis resultarão nos seguintes intervalos:

- 0 - Implementação *lean* inexistente;
- Entre 0 e 1 – implementação *lean* reduzida;
- Entre 1 e 2 – implementação *lean* razoável;
- Entre 2 e 3 – implementação *lean* satisfatória;
- 3 – Implementação *lean* de topo

Observações:

Sugestões de melhoria:

Avaliação final:

Figura 11 – Observações finais da auditoria

De seguida são listados os pontos a verificar pelo auditor, que estão divididos pelas 12 ferramentas *lean*:

**1. 5S**

- 1.1 As ferramentas que estão nos locais de trabalho são as apropriadas?
- 1.2 Os materiais e ferramentas estão devidamente identificadas?
- 1.3 As vias de trabalho / bancas / prateleiras estão limpas e organizadas?
- 1.4 Existem todos os recursos / materiais necessários para produzir?
- 1.5 Fichas elétricas / tubagem / mangueiras de ar comprimido em boas condições

**2. SMED**

- 2.1 As atividades internas estão reduzidas ao máximo?
- 2.2 As ferramentas são trocadas com as máquinas em produção?

**3. Standard Work**

- 3.1 As operações estão reduzidas ao máximo?
- 3.2 Existe uma Instrução de Trabalho para cada operação?
- 3.3 As Instruções de Trabalho estão atualizadas?
- 3.4 A Instrução de Trabalho é cumprida na totalidade?
- 3.5 As instruções de trabalho encontram-se num local visível e nas zonas onde se realizam as operações?
- 3.6 O operador segue sempre o mesmo padrão de execução?
- 3.7 Existe um sistema de formação para quando um operador novo incorpora um novo posto?
- 3.8 Existe um sistema de rotação de operadores em diferentes postos de trabalho?

**4. Heijunka**

- 4.1 O volume de produção não varia independentemente da altura do ano?
- 4.2 Está a aplicar esta ferramenta?
- 4.3 Existe um planeamento diário da produção?
- 4.4 Existe um planeamento semanal da produção?
- 4.5 Existe uma medição de tempos de operação/máquina?
- 4.6 Com esses tempos, existe um balanceamento das linhas de produção?

**5. Kanban**

- 5.1 São utilizados cartões *Kanban*?
- 5.2 *kanban* de produção, logístico de informação?
- 5.3 Há rutura de *stocks*?

**6. TPM**

- 6.1 Existe um sistema de manutenção preventiva?

- 6.2 São realizadas manutenções preditivas?
- 6.3 A empresa tem um sistema de manutenção autónoma?
- 6.4 Existe controlo de qualidade nas máquinas para atingir o Zero Defeito?
- 6.5 Existe um trabalho de melhorias nas máquinas?
- 6.6 Existe um controlo inicial nas primeiras peças produzidas?
- 6.7 É dada educação e formação aos operadores sobre o funcionamento e manutenção?
- 6.8 A segurança dos operadores está assegurada através de dispositivos contra acidentes?
- 6.9 Existe um estudo do OEE?

## **7. Controlo visual**

- 7.1 Existe um controlo visual nos postos de trabalho?
- 7.2 Existem dispositivos de controlo visual que informam os problemas ou pedidos de intervenção? (ANDON)

## **8. Células de fabrico**

- 8.1 Os postos de trabalho estão posicionados em forma de "U"?
- 8.2 Existem poucas deslocações entre postos de trabalho?
- 8.3 O produto é movimentado num sistema "pull"?
- 8.4 Existe um fluxo contínuo dos materiais?

## **9. Jidoka**

- 9.1 Quando um produto é detetado como defeituoso, a máquina é parada?
- 9.2 O problema é resolvido de forma imediata?
- 9.3 Posteriormente, é analisado o defeito e averiguado a causa raiz do problema?
- 9.4 Descoberta a causa, é realizado um trabalho para eliminar mais defeitos iguais?
- 9.5 Quando existe uma avaria a máquina para automaticamente?
- 9.6 Quando existe uma avaria a máquina emite um alerta?

## **10. Kaizen diário**

- 10.1 Existe um sistema de melhoria contínua?
- 10.2 Os operadores têm uma palavra ativa na sugestão de melhorias?
- 10.3 As sugestões dos operadores são postas em prática?
- 10.4 Os operadores são informados do estado das melhorias? Aprovadas ou rejeitadas?
- 10.5 Existem reuniões/eventos de melhoria contínua?
- 10.6 Existem reuniões diárias em cada troca de turno?

10.7 Nas reuniões diárias são faladas situações/aspetos que tenham gerado problemas?

10.8 Existe um responsável (eng. processos) para resolver os problemas diários?

10.9 Existe um responsável (eng. processos) para implementar as melhorias?

10.10 As melhorias seguem o sistema PDCA?

## **11. VSM**

11.1 Existe um mapeamento do fluxo de valor?

11.2 O mapeamento tem menos de 6 meses?

11.3 Estão identificados os postos onde existem gargalos?

11.4 Existe um mapeamento futuro?

## **12. Poke-yoke**

12.1 As máquinas/ferramentas estão incorporadas com um sistema à prova de erro?

A auditoria completa encontra-se no Apêndice A – Documento Auditoria *Lean*, na Figura 33, Figura 34, Figura 35 e Figura 36.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é constituído pela análise estatística das publicações analisadas sobre ferramentas *lean*. Para além disso, serão também expostos os resultados obtidos da aplicação da auditoria *lean* numa empresa do setor metalomecânico.

### 4.1. Análise descritiva da seleção dos artigos

Todas as 123 publicações foram compiladas numa tabela e analisadas conforme é apresentado na Tabela 3, onde estão identificados os autores, o ano de publicação, o título do documento, e o local de publicação. Existe também uma coluna com uma referência numérica que serve apenas para uma mais fácil identificação posterior das publicações. É de referir novamente que dos 123 artigos encontrados na pesquisa, apenas 121 foram disponibilizados, sendo que, nomeadamente o 112 e o 115, não existem dados.

*Tabela 3 - Lista das publicações analisadas*

Nº	Autor/Ano	Título	Jornal
1	(Aka et al., 2019)	Application of lean manufacturing tools and techniques for waste reduction in Nigerian bricks production process	Engineering Construction & Architectural Management
2	(El-Khalil, 2020)	Lean manufacturing alignment with respect to performance metrics multinational corporations case study	International Journal of Lean Six Sigma
3	(Ramadan et al., 2020)	Industry 4.0-Based Real-Time Scheduling and Dispatching in Lean Manufacturing Systems	Sustainability
4	(Leksic et al., 2020)	The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction	Advances in Production Engineering & Management
5	(Seleem et al., 2020)	A lean manufacturing road map using fuzzy-DEMATEL with case-based analysis	International Journal of Lean Six Sigma
6	(Sahoo, 2020)	Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs	Benchmarking: An International Journal
7	(Mahmood, 2020)	Smart lean in ring spinning—a case study to improve performance of yarn manufacturing process	The Journal of The Textile Institute
8	(Amrani & Ducq, 2020)	Lean practices implementation in aerospace based on sector characteristics: methodology and case study	Production Planning & Control: The Management of Operations
9	(Rehman et al., 2020)	Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory	Arabian Journal for Science and Engineering (2020)

Nº	Autor/Ano	Título	Jornal
10	(Pattanaik et al., 2019)	A hybrid ELECTRE based prioritization of conjoint tools for lean and sustainable manufacturing	German Academic Society for Production Engineering
11	(Mor et al., 2019)	Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company	Journal of Manufacturing Technology Management
12	(Abu et al., 2019)	The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications	Journal of Cleaner Production
13	(Mahmood, 2019)	Gazing Lean through the lens of System of Systems Dynamics: A case of weaving mill	Journal of Engineered Fibers and Fabrics
14	(Mohamad et al., 2019)	Generation of a Decision Support System to Enhance the Efficiency of Lean Manufacturing	Industrial Engineering & Management Systems
15	(Sarmiento et al., 2019)	Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca	Revista Logos, Ciencia & Tecnología
16	(Coetzee et al., 2019)	The South African perspective on the lean manufacturing Respect for People principles	SA Journal of Industrial Psychology
17	(Choudhary et al., 2019)	An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K.	Production Planning & Control: The Management of Operations
18	(Baysan et al., 2019)	A simulation-based methodology for the analysis of the effect of lean tools on energy efficiency: Na application in power distribution industry	Journal of Cleaner Production
19	(Dorota Stadnicka & Litwin, 2019)	Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis	International Journal of Production Economics
20	(Dresch et al., 2019)	Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools	International Journal of Productivity and Performance Management
21	(Parab & Shirodkar, 2019)	Value Stream Mapping: A Case Study of Lock Industry	AIP Conference Proceedings
22	(Abd Wahab et al., 2019)	Improvement on Bill of Materials Formatting Process by Adopting Lean and Six Sigma Approaches -A Case Study in a Semiconductor Industry	International Journal of Integrated Engineering
23	(Hamja et al., 2019)	Assessing the effects of lean on occupational health and safety in the Ready-Made Garment industry	Work
24	(Deokar et al., 2019)	Implementation of Lean Concepts Using Value Stream Mapping in Automotive Firm	Advances in Manufacturing Technology
25	(Ramakrishnan et al., 2019)	Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs - A case study	Materials Today: Proceedings

Nº	Autor/Ano	Título	Jornal
26	(Shafeek, 2019)	Lean Manufacturing Implementation in Carton Industry – A case study	Industrial & Systems Engineering Conference
27	(Ismail et al., 2019)	A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
28	(Gladysz & Buczacki, 2018)	Wireless technologies for lean manufacturing – a literature review	Management and Production Engineering Review
29	(Wirkus & Chmielarz, 2018)	Integration of lean management with iso management systems in enterprise	Management and Production Engineering Review
30	(Fallas-Valverde et al., 2018)	Implementación de principios de manufactura esbelta a actividades logísticas: un caso de estudio en la industria maderera	Tecnologia en marcha
31	(Yap et al., 2018)	Case study: Lean-RFID based waste identification system on example of small-medium manufacturing industries	Management and Production Engineering Review
32	(Tiwari & Tiwari, 2018)	Prioritization of barriers to lean implementation in indian automotive small & medium sized enterprises	Management and Production Engineering Review
33	(Correia et al., 2018)	Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools	Procedia Manufacturing
34	(S. Singh et al., 2018)	Key Benefits of Adopting Lean Manufacturing Principles in Indian Construction Industry	MATEC Web of Conferences
35	(Vieira et al., 2018)	Key Inefficiencies and Improvement Opportunities in the Textile Sector: Case Study	Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0
36	(Hussain et al., 2018)	Lean Manufacturing Culture: The Role of Human Perceptions of Standardized Work	Advances in Transdisciplinary Engineering
37	(Nikolaeva et al., s.d.)	Application of lean manufacturing methods in improving the quality of educational services in conditions of digitalization	IIOAB Journal
38	(Saravanan et al., 2018)	Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study	International Journal of Engineering Research in Africa
39	(S. Kumar et al., 2018)	Lean-Kaizen implementation A roadmap for identifying continuous improvement opportunities in Indian small and medium sized enterprise	Journal of Engineering, Design and Technology
40	(Bhuvanesh Kumar & Parameshwaran, 2018)	Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organisation	Production Planning & Control: The Management of Operations

<b>Nº</b>	<b>Autor/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Jornal</b>
41	(Jazani et al., 2017)	Relationship Between Lean Manufacturing and Ergonomics	Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future
42	(Van Der Steen & Tillema, 2018)	Controlling Lean Manufacturing in Multidivisional Organisations	International Journal of Operations & Production Management
43	(J. Singh et al., 2018)	Productivity improvement using lean manufacturing in manufacturing industry of Northern India	International Journal of Productivity and Performance Management
44	(Thomas, 2018)	Developing an integrated quality network for lean operations systems	Business Process Management Journal
45	(Priyaadarshini et al., 2018)	Study on lean thinking among MSMEs in the Machine tool sector in India	IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering
46	(Xie & Forrest, 1992)	Grey Systems: Theory and Application	Grey Systems: Theory and Application
47	(Dadashnejad & Valmohammadi, 2018)	Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: a case study	Journal of Engineering, Design and Technology
48	(R. Ahmad et al., 2018)	Alberta Learning Factory for training reconfigurable assembly process value stream mapping	Procedia Manufacturing
49	(Tiwari & Tiwari, 2018)	Lean implementation in small and medium-sized enterprises: An empirical study of Indian Manufacturing firms	Benchmarking An International Journal
50	(Dhiravidamani et al., 2018)	Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study	International Journal of Computer Integrated Manufacturing
51	(Dănuț-Sorin et al., 2020)	Lean Manufacturing 4.0 of Polymeric Injection Molding Products	International Conference on Design and Technologies for Polymeric and Composite Products (POLCOM)
52	(Baby et al., 2018)	Implementation of lean principles to improve the operations of a sales warehouse in the manufacturing industry	International Journal of Technology
53	(Almanei et al., 2018)	A conceptual lean implementation framework based on change management theory	Procedia CIRP
54	(Sorooshian & Ali, 2017)	Lean Practices Pertaining Hard and Soft Factors in Service Sectors	Quality - Access to Success
55	(Tabares et al., 2017)	Evaluation and comparison of a lean production system by using SAE J4000 standard: a case study on the automotive industry in the state of Mexico	Brazilian Journal of Operations & Production Management

<b>Nº</b>	<b>Autor/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Jornal</b>
56	(Nonnemacher & Pacheco, 2017)	Análise da integração da teoria das restrições e do lean manufacturing no contexto da pequena empresa	GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias
57	(Furman et al., 2017)	The influence of lean manufacturing tools on the product quality in the casting process - case study	International Conference on Metallurgy and Materials,
58	(Maginnis et al., 2017)	Implementing Total Life cycle Product Sustainability Through True Lean Thinking	International Conference on Product Life cycle Management
59	(Iuga & Rosca, 2017)	Comparison of problem solving tools in lean organizations	MATEC Web of Conferences
60	(Gladysz & Buczacki, 2018)	Wireless technologies for lean manufacturing – a literature review	International Conference on Production Research
61	(D Stadnicka & Litwin, 2018)	VSM based system dynamics analysis to determine manufacturing processes performance indicators	International Conference on Production Research
62	(Andreadis et al., 2017)	Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors	International Journal of Production Research
63	(Verma & Sharma, 2017)	Sustainable competitive advantage by implementing lean manufacturing	Materials Today: Proceedings
64	(Deshmukh et al., 2017)	Manufacturing industry performance based on lean production principles	International Conference on Nascent Technologies in the Engineering Field
65	(Bin Wan Ibrahim et al., 2017)	Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Small and Medium Startup Pharmaceutical Company	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
66	(Wyrwicka & Mrugalska, 2017)	Mirages of Lean Manufacturing in Practice	Procedia Engineering
67	(Randhawa & Ahuja, 2017)	5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions	International Journal of Quality & Reliability Management
68	(Yadav et al., 2017)	Lean Implementation and Organizational Transformation: A Literature Review	Engineering Management Journal
69	(A. N. A. Ahmad et al., 2017)	The Hybrid Lean System to Improve Manufacturing Environment	MATEC Web of Conferences
70	(Hallam et al., 2018)	Strategic lean actions for sustainable competitive advantage	International Journal of Quality & Reliability Management
71	(De Steur et al., 2016)	Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review	Waste Management
72	(McLeod et al., 2016)	Empirical Modelling of Lean Adoption in Small to Medium Size Manufacturers	Journal of Advanced Manufacturing Systems

<b>Nº</b>	<b>Autor/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Jornal</b>
73	(Zhou, 2016)	Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs)	Annals of Operations Research
74	(Delago et al., 2016)	Learning lean philosophy through 3D game-based simulation	Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference
75	(Nallusamy & Saravanan, 2016)	Enhancement of Overall Output in a Small Scale Industry Through VSM, Line Balancing and Work Standardization	International Journal of Engineering Research in Africa
76	(Perera, 2016)	Productivity improvement through lean tools in a Sri Lankan small and medium enterprise: A case study	Proceedings of the 1st Manufacturing & Industrial Engineering Symposium
77	(Tang et al., 2016)	Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia	MATEC Web of Conferences
78	(Sharma et al., 2016)	Empirical assessment of the causal relationships among lean criteria using DEMATEL method	Benchmarking: An International Journal
79	(Swarnakar & Vinodh, 2016)	Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization	International Journal of Lean Six Sigma
80	(Zahraee, 2016)	A survey on Lean Manufacturing implementation in a selected manufacturing industry in Iran	International Journal of Lean Six Sigma
81	(Ben Fredj-Ben Alaya, 2016)	VSM a powerful diagnostic and planning tool for a successful Lean implementation: a Tunisian case study of an auto parts manufacturing firm	Production Planning & Control: The Management of Operations
82	(Naqvi et al., 2016)	Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning	Cogent Engineering
83	(Rafique et al., 2019)	A systematic review of lean implementation approaches: a proposed technology combined lean implementation framework	Total Quality Management & Business Excellence
84	(Costa & Godinho Filho, 2016)	Lean healthcare: review, classification and analysis of literature	Production Planning & Control: The Management of Operations
85	(Dora & Gellynck, 2015)	Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study	Quality and Reability Engineering International
86	(Kane et al., 2015)	Lean Manufacturing Improves Emergency Department Throughput and Patient Satisfaction	The Journal of Nursing Administration
87	(Kurdve et al., 2015)	Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach	Journal of Cleaner Production
88	(Panwar et al., 2015)	On the adoption of lean manufacturing principles in process industries	Production Planning & Control: The Management of Operations

Nº	Autor/Ano	Título	Jornal
89	(Ching et al., 2015)	Case study of lean manufacturing application in a die casting manufacturing company	AIP Conference Proceedings
90	(Kim, 2015)	Lean initiative practice for supplier developments in Philippines	International Journal of Lean Six Sigma
91	(Deif & Elmaraghy, 2014)	Cost performance dynamics in lean production levelling	Journal of Manufacturing Systems
92	(Brahmadeep & Thomassey, 2014)	A simulation based comparison: Manual and automatic distribution setup in a textile yarn rewinding unit of a yarn dyeing factory	Simulation Modelling Practice and Theory
93	(Aqlan & Mustafa Ali, 2014)	Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry	Journal of Loss Prevention in the Process Industries
94	(Dal Forno et al., 2014)	Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 about application of Lean tools	International Journal of Advanced Manufacturing Technology
95	(Vinodh et al., 2014)	Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organisation	Production Planning & Control: The Management of Operations
96	(Anvari, Zulkifli, & Arghish, 2014)	Application of a modified VIKOR method for decision-making problems in lean tool selection	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
97	(Anvari, Zulkifli, Sorooshian, et al., 2014)	An integrated design methodology based on the use of group AHP-DEA approach for measuring lean tools efficiency with undesirable output	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
98	(Khusaini et al., 2014)	A Survey on Lean Manufacturing Tools Implementation in Malaysian Food and Beverages Industry Using Rasch Model	Advanced Materials Research
99	(Sîrbu & Băişan, 2014)	Lean Manufacturing Benefits in a Pharmaceutical Production Plant	Applied Mechanics and Material
100	(S. S. Kumar & Kumar, 2014)	Cycle time reduction of truck body assembly in an automobile industry by lean principles	Procedia Materials Science
101	(Anvari et al., 2013)	A dynamic modelling to measure lean performance within lean attributes	International Journal of Advanced Manufacturing Technology
102	(Krishnan & Parveen, 2013)	Comparative Study of Lean Manufacturing Tools Used in Manufacturing Firms and Service Sector	Proceedings of the World Congress on Engineering
103	(Choomlucksana & Doolen, 2013)	The International Journal of Engineering Education	The International Journal of Engineering Education
104	(Jeziarski & Janerka, 2013)	The lean manufacturing tools in polish foundries	Archives of Metallurgy and Materials
105	(El-Sayed, 2012)	Implementation of lean tools and methodologies in design	ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition

Nº	Autor/Ano	Título	Jornal
106	(Carter et al., 2012)	Optimizing Clinical Operations as Part of a Global Emergency Medicine Initiative in Kumasi, Ghana: Application of Lean Manufacturing Principles to Low-resource Health Systems	Academic Emergency Medicine
107	(Salleh & Zain, 2012)	The Study of Lean Layout in an Automotive Parts Manufacturer	Applied Mechanics and Materials
108	(Silva et al., 2012)	Viability of Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Apparel Industry in Sri Lanka	Applied Mechanics and Materials
109	(Pradabwong et al., 2012)	An Investigation of Lean Implementation Status in Thai Manufacturing	Applied Mechanics and Materials
110	(Rahani & Al-Ashraf, 2012)	Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study	Procedia Engineering
111	(Torielli et al., 2011)	Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries	China Foundry
112	Não disponibilizado		
113	(Hodge et al., 2011)	Adapting lean manufacturing principles to the textile industry	Production Planning & Control
114	(Alsyof et al., 2011)	A framework for assessing the cost effectiveness of lean tools	European Journal of Industrial Engineering
115	Não disponibilizado		
116	(Wan & Chen, 2009)	Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach	Computers in Industry
117	(Aulakh & Gill, 2008)	Lean Manufacturing- a Practitioner's Perspective	The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management
118	(Wan & Frank Chen, 2008)	A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives	International Journal of Production Research
119	(Horbal et al., 2008)	Implementing Lean Manufacturing in High-mix Production Environment	Lean Business Systems and Beyond
120	(Rivera & Frank Chen, 2007)	Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles	Robotics and Computer-Integrated Manufacturing
121	(Mahapatra & Mohanty, 2007)	Lean manufacturing in continuous process industry: An empirical study	Robotics and Computer-Integrated Manufacturing
122	(R. K. Singh et al., 2006)	An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: a case study from the steel industry	The Journal of Engineering Manufacture
123	(M. Kumar et al., 2006)	Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study	Production Planning and Control

### 4.1.1. Distribuição por ano de publicação

Depois da categorização dos artigos, foi possível verificar que houve um aumento de publicações a partir do ano 2017 e esse aumento tem vindo a aumentar desde então, com uma exceção no ano de 2019 que houve uma ligeira queda, tal como se mostra na Figura 12.

É de notar que as primeiras publicações registadas na plataforma, apenas surgiram em 2006. Pode também ser verificado que as publicações entre 2016 e 2020 representam mais de metade das publicações do período abrangido, num total de 67% correspondente a 81 de 121 publicações, o que indica que estes são temas que estão com uma previsão de crescimento ao longo dos anos.

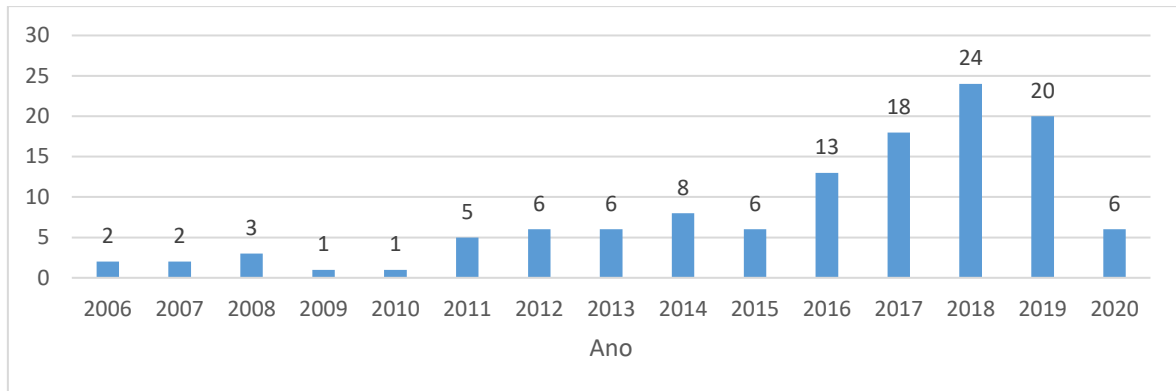


Figura 12 - Publicações por ano

### 4.1.2. Distribuição por locais de publicação

O jornal onde foram publicados mais artigos foi o “*Production Planning & Control: The Management of Operations*” com apenas 5 publicações. Na Figura 13 é apresentada a distribuição de artigos por local de publicação (jornais, revistas, atas de conferências), no entanto, de forma a facilitar a visualização do gráfico, foram incluídos apenas os jornais com mais de uma publicação. Os jornais que foram excluídos do gráfico, perfazem um total de 71. Esta diversidade tão acentuada de local de publicações, indica que o tema abordado tem um elevado nível de abrangência.

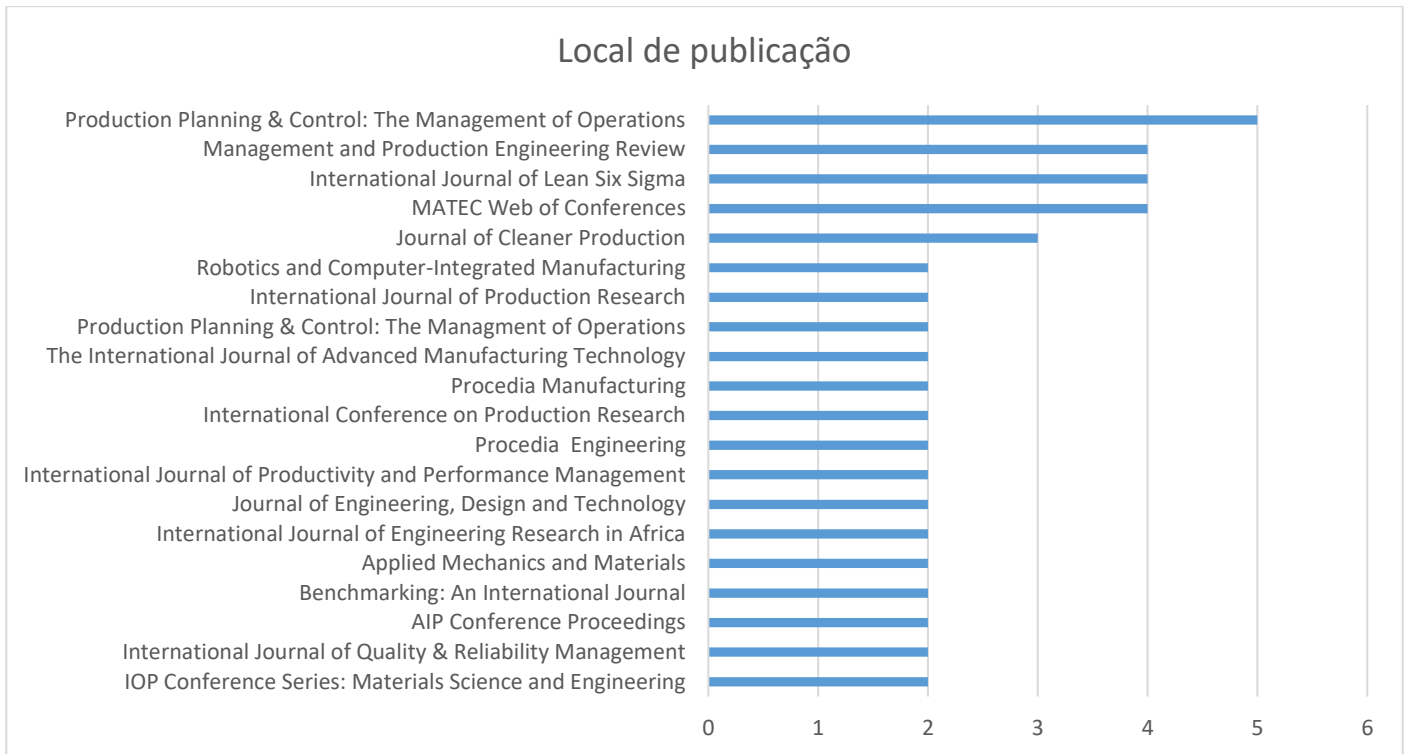


Figura 13 - Local de publicação

### 4.1.3. Distribuição por tipo de publicação

No que diz respeito ao tipo de publicação, a grande maioria, nomeadamente, 80% dos documentos (97 em 121 publicações), são artigos vindos de jornais, enquanto apenas 20% foram em atas de conferências (24 em 121 publicações), como mostra a Figura 14.

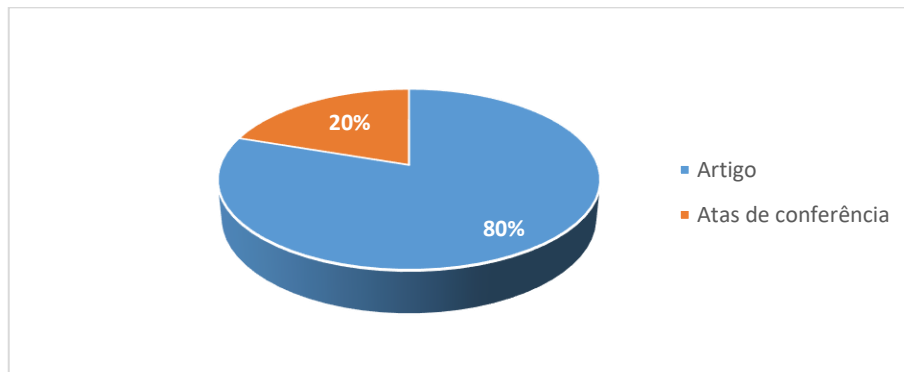


Figura 14 - Tipo de publicação

As publicações foram também divididas pelos seguintes tipos de investigação:

- Caso de estudo – Onde é feita uma análise do estado atual de determinada empresa, são propostas as ferramentas *lean* mais adequadas aos seus processos e apurados os resultados da aplicação das mesmas;
- Questionário – É feito um questionário a várias empresas, geralmente, do mesmo setor de atividade, de forma a averiguar quais as ferramentas *lean* mais aplicadas e os respetivos benefícios;

- Investigação – É feita uma abordagem mais empírica, normalmente sustentada na revisão de literatura.

De referir que há alguns casos que são feitos questionários dentro de uma empresa de forma a avaliar o estado atual da mesma, no entanto, estes tipos de publicações são considerados casos de estudo, uma vez que o mesmo serve de base para o resto da análise. Pode ver-se na Figura 15 a distribuição. Assim, 44% são casos de estudo (53 em 121 publicações), 35% são investigações (42 em 121 publicações) e 21% corresponde a questionários (26 em 121 publicações).

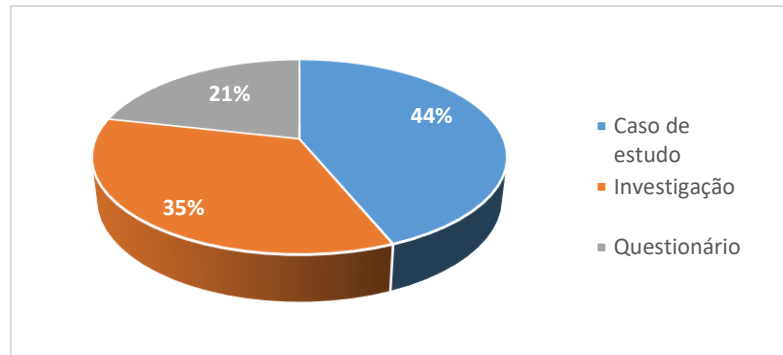


Figura 15 - Tipo de investigação

#### 4.1.4. Distribuição por país e setor de atividade

Analisando a distribuição de publicações por países, e como mostra a Figura 16 verifica-se que cerca de 50% dos documentos (59 em 121 publicações) foram publicados apenas por três países – Índia, Malásia e Estados Unidos da América – o que evidencia que são três países com uma indústria bastante presente na atualidade.

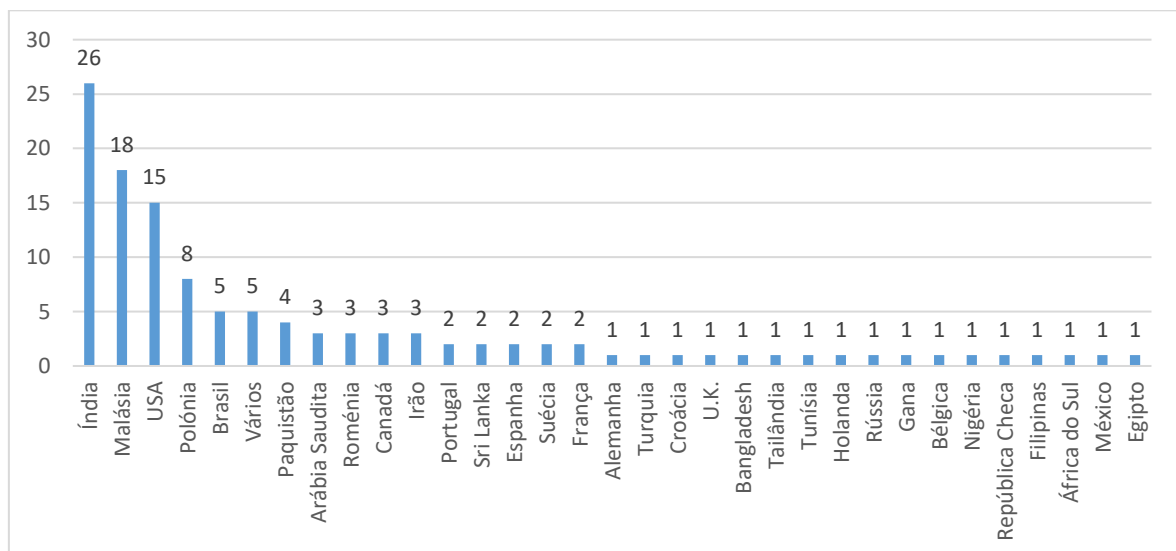


Figura 16 - Distribuição de publicações por países

No que diz respeito ao setor de atividade, essa distribuição permitiu observar que a área mais referenciada foi a metalomecânica, seguida pela área têxtil e automóvel, com um total de 24, 10 e 10 publicações, respetivamente, como mostra a Figura 17. De facto, com base nestes dados, pode-se deduzir que o tema “Lean Tools” está a ser abordado numa ampla gama de áreas industriais.

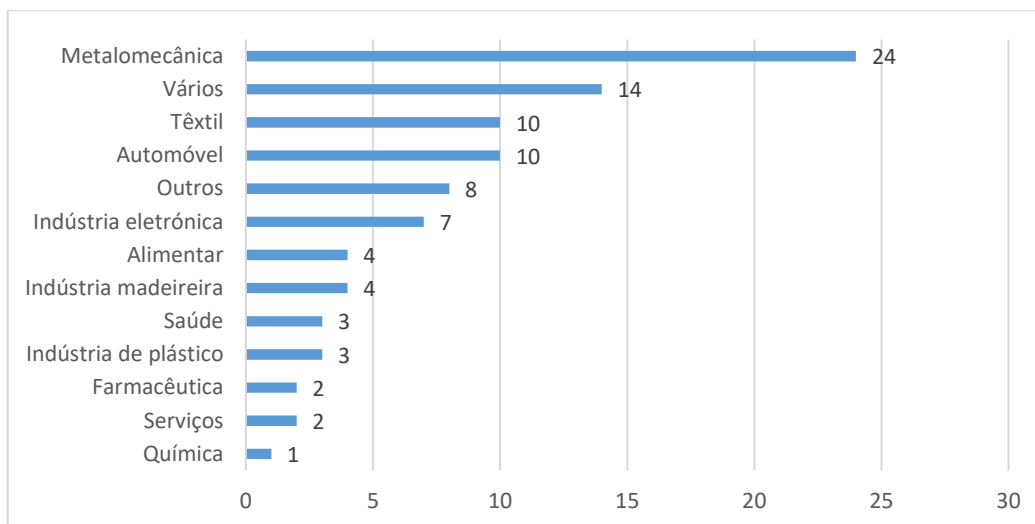


Figura 17 - Distribuição de publicações por setor de atividade

#### 4.1.5. Distribuição por ferramenta e metodologias *Lean*

Tendo em conta a análise realizada, e como mencionado na parte inicial desta dissertação, o principal objetivo deste estudo foi contabilizar as ferramentas e metodologias *lean* mais utilizadas nos artigos publicados e, conseqüentemente, aplicadas nos mais diversos setores de atividade. Posto isto, tal como se apresenta na Figura 18, os artigos foram agrupados pelas diferentes ferramentas e metodologias. Tal como referido no capítulo 3.1, para a análise das ferramentas e metodologias utilizadas nos artigos, nem todas as 121 foram contabilizadas, uma vez que o seu conteúdo não correspondia às expectativas ou não era suficiente para ser contabilizado. Assim sendo, para este subcapítulo, das 121, foram analisadas 95 publicações.

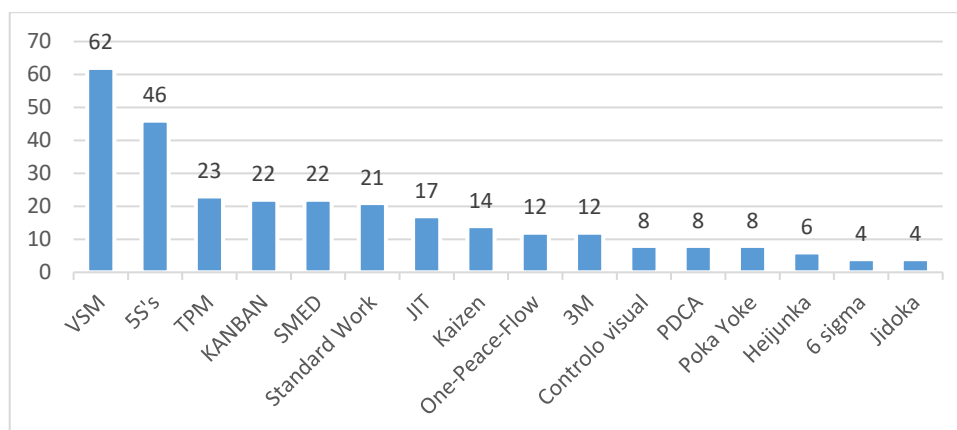


Figura 18 - Distribuição de publicações por ferramentas e metodologias *lean*

Com esta análise podemos retirar a informação de que a ferramenta mais utilizada nos artigos foi o VSM com uma percentagem de 65% relativamente ao total das publicações recolhidas no *Web of Science*, o que corresponde a 62 em 95 publicações. Tal facto indica que os autores dão bastante importância à análise ou mapeamento do fluxo de valor das indústrias e que é sempre este o primeiro passo a dar para serem identificados problemas ao longo da linha de produção, bem como para analisar o estado atual do valor do produto. Seguidamente aparecem os 5S's com também um elevado grau de utilização, representando 48% das publicações, o que corresponde a 46 em 95

publicações. Esta é a ferramenta mais utilizada pelos autores no que diz respeito aos locais de trabalho (*gemba*), que evidencia que para que a produção seja eficiente, os postos de trabalhos têm de estar arrumados de tal forma que sejam reduzidos ao máximo todo o tipo de desperdícios. Estes valores encontram-se representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de ferramentas/metodologias por publicações

Ferramenta / metodologia	Nº do artigo	Total	% em 95 publicações
VSM	1, 3, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 52, 57, 61, 62, 63, 65, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 79, 81, 83, 85, 86, 94, 95, 100, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 119, 121, 122	62	65%
5S	5, 6, 7, 10, 15, 21, 23, 24, 25, 27, 29, 34, 37, 43, 44, 49, 50, 54, 57, 62, 66, 67, 69, 71, 74, 76, 77, 79, 80, 85, 86, 89, 95, 97, 98, 99, 100, 104, 108, 109, 111, 113, 114, 119, 120, 123	46	48%
TPM	6, 24, 26, 29, 37, 44, 45, 46, 57, 62, 77, 80, 91, 95, 100, 102, 104, 108, 109, 114, 117, 120, 121	23	24%
KANBAN	1, 5, 7, 25, 29, 31, 39, 43, 62, 63, 66, 68, 69, 73, 75, 77, 95, 109, 111, 117, 119, 121	22	23%
SMED	8, 10, 20, 26, 29, 43, 44, 50, 57, 66, 74, 79, 80, 91, 99, 100, 104, 108, 109, 113, 117, 120	22	23%
STANDARD WORK	5, 8, 11, 24, 26, 27, 36, 38, 43, 45, 54, 58, 74, 75, 76, 79, 90, 100, 103, 119, 120	21	22%
JIT	1, 6, 31, 43, 44, 54, 62, 68, 69, 73, 74, 78, 91, 109, 117, 120, 121	17	18%
KAIZEN	9, 44, 50, 57, 65, 66, 73, 77, 80, 90, 105, 108, 109, 123	14	18%
ONE-PEACE-FLOW	8, 18, 39, 40, 77, 103, 107, 108, 109, 117, 119, 120	12	15%
3M	1, 7, 11, 18, 21, 43, 45, 50, 56, 59, 87, 117	12	15%
CONTROLO VISUAL	5, 8, 15, 17, 25, 49, 85, 109	8	13%
PDCA	5, 8, 17, 43, 59, 103, 109, 110	8	13%
POKE-YOKE	8, 18, 26, 39, 80, 95, 108, 109	8	13%
HEIJUNKA	8, 10, 29, 31, 43, 91	6	8%
JIDOKA	10, 100, 109, 120	4	4%

Na Tabela 5 são apresentadas algumas conclusões de alguns casos de estudo que falam sobre a ferramenta mais referida nas publicações analisadas, o VSM. Verificou-se que esta é a ferramenta mais usada uma vez que serve de base para a maior parte dos casos de estudo, visto que é com a mesma que se toma conhecimento do estado atual da empresa.

Tabela 5 – Análise de alguns casos de estudo - VSM

Nº	Autor/Ano	Setor	Título	Análise
17	(Choudhary et al., 2019)	Outros	An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K.	Foi aplicada uma nova ferramenta chamada Mapeamento Integrado de Fluxo de Valor (GIVSM), que permitiu obter ganhos para resultados como: uma melhoria no desempenho ambiental reduzindo a pegada de carbono em 77%, uma melhoria na eficiência operacional através da redução do prazo de entrega em cerca de 63%.
21	(Parab & Shirodkar, 2019)	Metalomecânica	Value Stream Mapping: A Case Study of Lock Industry	A aplicação do VSM neste estudo de caso revelou que a espera e a superprodução são os maiores desperdícios existentes no fluxo do processo de fabricação. Com este trabalho, o lead time de produção e o stock WIP diminuíram 62,74% e 66,09%, respetivamente e a distância total percorrida pelo componente foi reduzida de 290 para 73 metros.
24	(Deokar et al., 2019)	Automóvel	Implementation of Lean Concepts Using Value Stream Mapping in Automotive Firm	Após a implementação do VSM, os resultados mostraram uma redução de 15% no tempo de ciclo da operação de perfuração, redução de 57,46% na operação de endurecimento por indução e 26,4% na operação de retificação.
47	(Dadashnejad & Valmohammadi, 2018)	Outros	Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: a case study	Os resultados deste estudo mostraram que existe uma relação significativa entre VSM e perdas operacionais nos processos de produção. Os resultados dos testes indicaram que, usando uma abordagem <i>lean</i> , incluindo ferramentas <i>lean</i> ( <i>Kaizen</i> , <i>Kanban</i> , <i>5S</i> e células de produção) e métodos especiais de fluxo de valor, reduzirão as perdas operacionais.
38	(Saravanan et al., 2018)	Metalomecânica	Efficiency Enhancement in a Medium Scale Gearbox Manufacturing Company through Different Lean Tools - A Case Study	A partir dos resultados observados, verificou-se que a produtividade aumentou de 7 para 10 peças quando o VSM foi implementado e o tempo total de processamento foi reduzido em cerca de 24%.

Nº	Autor/Ano	Setor	Título	Análise
62	(Andreadis et al., 2017)	Vários	Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors	Os resultados deste estudo sugerem que benefícios como redução no lead time, melhoria da produtividade, redução no tempo de ciclo e redução do <i>stock</i> podem ser alcançados apenas com a implementação do VSM.
81	(Ben Fredj-Ben Alaya, 2016)	Metalomecânica	VSM a powerful diagnostic and planning tool for a successful Lean implementation: a Tunisian case study of an auto parts manufacturing firm	O caso de estudo tenta demonstrar que o VSM é a ferramenta <i>lean</i> apropriada que deve ser usada para atender às preocupações dos gestores no que diz respeito à implementação bem-sucedida do <i>lean</i> nas empresas. Os resultados confirmam algumas vantagens da metodologia VSM proposta e mostram que muito mais do que uma ferramenta quantitativa que abrange a situação antes e depois, o VSM é uma ferramenta qualitativa valiosa que, se aplicada corretamente, ajuda os gestores a investigar a ligação entre o fluxo de informações e o fluxo de material, a concentrar todo o fluxo de valor para encontrar desperdícios do fluxo, entre outros.
110	(Rahani & Al-Ashraf, 2012)	Metalomecânica	Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study	O caso de estudo utilizou o VSM como uma ferramenta visual para ajudar a ver o desperdício oculto e as fontes de desperdício. Os resultados deste estudo mostram que a redução total do tempo de trabalho foi 16,9%, enquanto que o tempo da máquina foi reduzido 14,17% em comparação com o método de processamento original.
122	(R. K. Singh et al., 2006)	Metalomecânica	An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: a case study from the steel industry	A importante contribuição deste artigo foi fornecer uma metodologia lógica e racional para a seleção de ferramentas VSM, resultando na identificação de desperdícios presentes numa organização.

## 4.2. Aplicação da auditoria *lean* numa empresa metalomecânica

A auditoria foi realizada numa empresa metalomecânica, nomeadamente a Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A, no departamento de expedição de colunas da unidade fabril Metalgalva 1. Esta foi a primeira auditoria *lean* realizada na empresa, por isso, não existe um histórico sobre a aplicação de ferramentas *lean* para se verificar se houve uma evolução no que diz respeito a este tema nos últimos tempos.

Com esta auditoria verificou-se que as ferramentas *lean* aplicadas na empresa são essencialmente: 5S, SMED, *standard work*, *kanban*, controlo visual e *kaizen* diário. No geral, existem muitos passos a dar na empresa no que diz respeito ao *lean* pois existem ainda muitos desperdícios que podem ser minimizados com a aplicação das ferramentas *lean* adequadas.

De seguida, encontra-se uma explicação detalhada do estado de implementação de cada ferramenta *lean* no setor de expedição da Metalgalva 1. No Apêndice B – Auditoria Lean numa Metalomecânica, encontra-se a Figura 37, Figura 38, Figura 39 e Figura 40, referentes ao registo realizado durante a auditoria *lean* realizada na Metalgalva no dia 18/08/2020.

### 1. 5S

A auditoria permitiu observar que tem havido algum esforço por parte da empresa para implementar o 5S no que diz respeito à organização dos materiais. São exemplos disso a divisão da parafusaria estritamente necessária por caixas devidamente identificadas, como se pode ver na Figura 19. As gavetas com ferramentas estão numeradas e está afixado o *layout* de arrumação de cada gaveta, de forma a que os operadores cumpram o mesmo (Figura 20). Os *layouts* expostos das gavetas permitem aos operadores não só cumprir os mesmos, mas também memorizar mais facilmente o *layout* por estarem a repetir o mesmo padrão sucessivamente. Os caixotes do lixo estão também identificados para que o lixo seja separado por cada tipo de resíduo (Figura 21).



Figura 19 - Identificação das parafusarias



Figura 20 – Layout das gavetas de arrumações



Figura 21 – Identificação da separação do lixo

No entanto, existem também alguns maus exemplos de 5S, notando-se falta de arrumação e limpeza nos postos de trabalho. No primeiro exemplo, pode-se ver cabos espalhados pelo chão de fábrica o que denota falta de arrumação e, para além disso, pode causar acidentes de trabalho (Figura 22). No segundo exemplo, expõe-se um exemplo de desarrumação e falta de limpeza geral (Figura 23).



Figura 22 - Cabos de alimentação espalhados no chão



Figura 23 - Falta de limpeza das bancas

## 2. SMED

Apenas na máquina de desempenho automática existe um *setup* associado de cada vez que são desempenadas colunas de diferentes tamanhos. Neste caso, gira-se o ponteiro para o número correspondente aos metros da coluna que irá ajustar os braços de desempenho para a posição programada (Figura 24). Este *setup* tem uma duração de cinco segundos e é realizado com a

máquina ainda em funcionamento enquanto a mesma empurra a coluna já desempenada para a frente.



Figura 24 – Setup da máquina de desempeno automática

### 3. Standard Work

Para todas as operações da linha de produção do setor analisado, existem instruções de trabalho espalhadas ao longo dos postos de trabalho, como se verifica na Figura 25. Verificou-se que os trabalhadores cumprem, quase sempre, com o que está presente na instrução do trabalho.

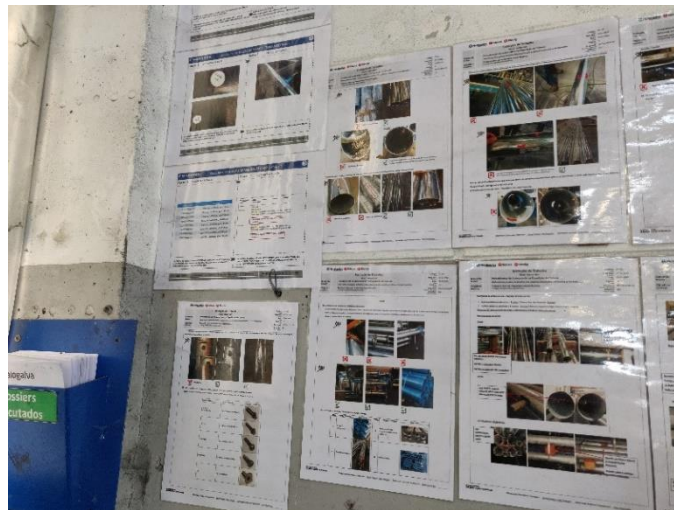


Figura 25 – Instruções de trabalho afixadas

### 4. Heijunka

No que diz respeito a esta ferramenta e como se pode ver na Figura 26, a produção ao longo do ano tem vindo a variar muito, não respeitando a teoria da produção nivelada. É de referir que no dia em que foi feita a auditoria, o produto em espera para entrar na linha de produção era quase inexistente, chegando mesmo a acabar na mudança de turno. Tal facto gera bastante desperdício no que diz respeito à elevada espera causada nos trabalhadores, visto que não havia trabalho produtivo para fazer.

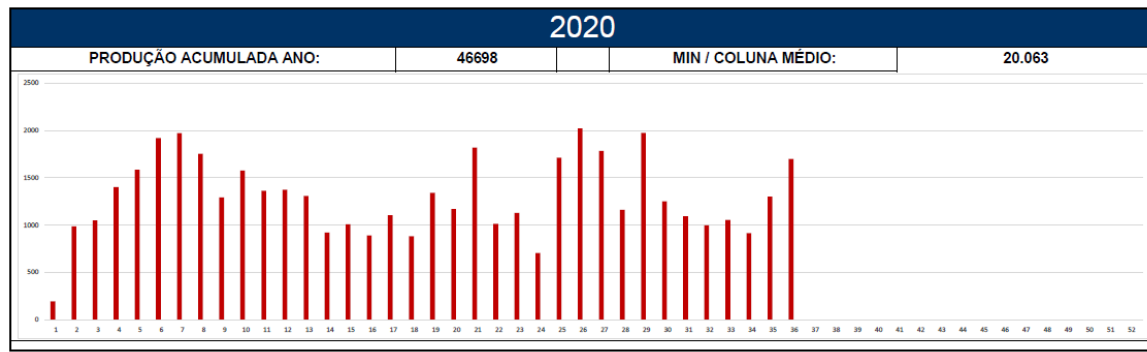


Figura 26 – Registo de produção semanal

5. Kanban

No que diz respeito ao *kanban*, verificou-se que existe uma espécie de *kanban* de transporte na entrega de colunas à pintura. Quando depois de passarem na linha de produção, as colunas são destinadas para a pintura, o colaborador que entrega as colunas tem de preencher o *kanban* como mostra na Figura 27, com o cliente, a OV (ordem de venda), a OF (ordem de fabrico), o modelo, a quantidade e o parque onde foi deixada. Para além de ser preenchido o *kanban*, junto do lote ou da coluna terá também de seguir uma etiqueta laranja devidamente identificada, bem como a etiqueta CE colada à mesma.

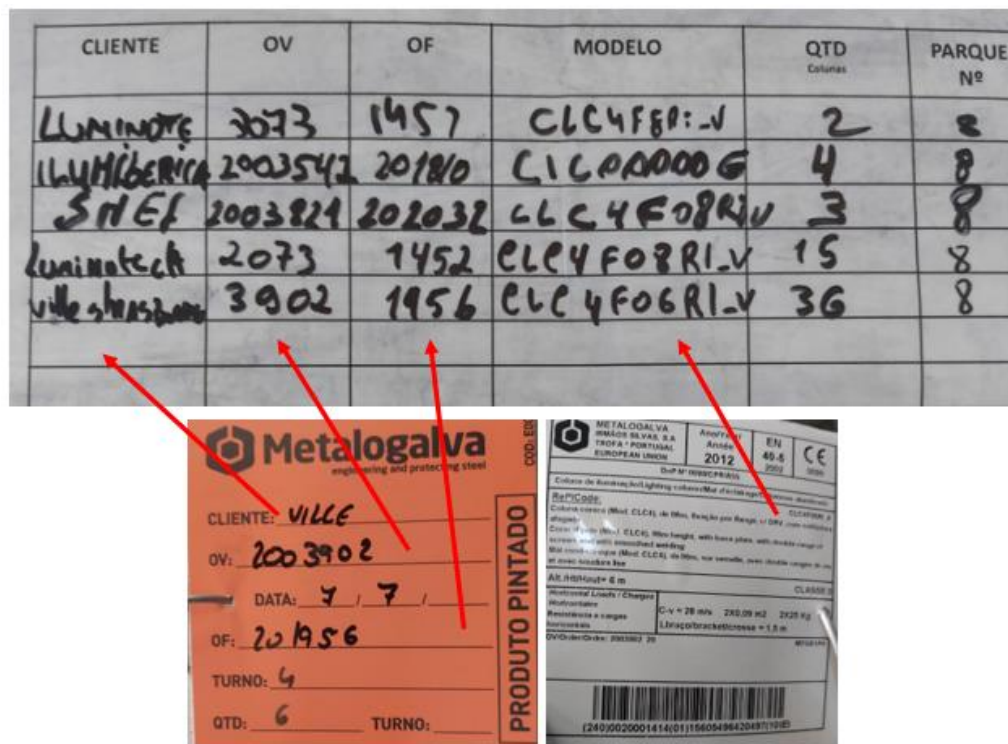


Figura 27 – Kanban de pintura

## 6. TPM

Neste setor existem três tipos de máquinas de desempenho de colunas e de portinholas como mostra o exemplo da Figura 28. Em termos de manutenção, apenas é feita a manutenção corretiva quando existe alguma falha. Na realização da auditoria foi visto que as máquinas necessitavam de manutenção, quer seja por estarem a verter bastante óleo como também os braços de desempenho estavam visivelmente desgastados. Verificou-se que também não existe um documento de registo de manutenções realizadas junto das máquinas (Figura 29).



Figura 28 - Máquina de desempenho automática



Figura 29 - Inexistência de registos ou programação de manutenções

## 7. Controlo visual

O único ponto de controlo visual detetado acontece quando ao serem feitos os lotes de produto acabado, são colocadas etiquetas de cor para identificar o estado do lote:

- Etiqueta Azul – lote de colunas prontas a expedir (Figura 30);



Figura 30 - Identificação "colunas prontas"

- Etiqueta laranja – lote de colunas para ser entregue na pintura (Figura 31);

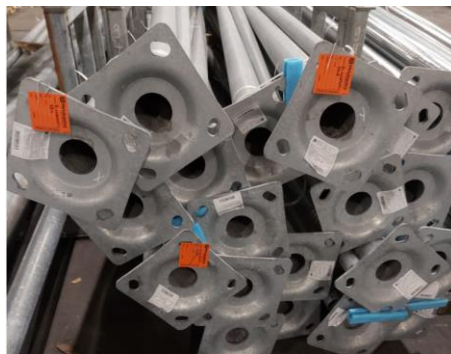


Figura 31 - Identificação "colunas para a pintura"

- Etiqueta cor de rosa – Lote de colunas não acabado, seja por falta de alguma peça ou por necessidade de reparação (Figura 32).



Figura 32 - Identificação "colunas inacabadas"

## 8. Células de fabrico

Esta ferramenta *lean* não se aplica ao setor em questão por ser uma linha de fabrico.

### 9. Jidoka

Em nenhuma das máquinas do setor, existe a possibilidade de a própria detetar um erro e fazer parar a produção. Existe sim um autocontrolo por parte dos colaboradores.

### 10. Kaizen diário

O setor avaliado trabalha em 3 turnos, sendo que na mudança de cada turno, o engenheiro de produção (existem dois) reúne com as equipas para ser exposto o que correu bem e o que correu mal e serem ouvidas propostas de melhoria por parte dos trabalhadores.

### 11. VSM

No setor em questão, não existe nenhum mapeamento de fluxo de valor.

### 12. Poke-yoke

Em nenhuma das máquinas existe um sistema de anti erro.

## 4.2.1. Observações finais e sugestões de melhoria

Fazendo o somatório das respostas e dividindo pelo total de questões, a avaliação final da auditoria resulta em 1,46 o que corresponde a uma pontuação fraca no que diz respeito à implementação das ferramentas *lean*.

Na Tabela 6 segue uma observação dos pontos negativos e correspondentes sugestões de melhoria:

*Tabela 6 - Aspectos negativos da auditoria e sugestões de melhoria*

Aspectos negativos	Sugestões de melhoria
Apesar de existirem caixas de materiais identificados, denota-se falta de arrumação nas bancas de trabalho.	Primeiramente deveria ser dada uma formação de 5S's aos trabalhadores. Sugere-se também criar um prémio anual de 5S's, sabendo que mensalmente será escolhido um dia aleatório para ser avaliado o estado de limpezas e arrumações dos postos.
Existe falta de ferramentas, havendo trocas de ferramentas entre turnos.	Adquirir máquinas e ferramentas necessárias para o bom funcionamento dos três turnos, associando-as aos mesmos.
Cabos de alimentação e de mangueiras de ar comprimido espalhadas pelo chão.	Criar um sistema suporte de roldanas.
Existe por vezes rotura de <i>stock</i> de parafusarias	Nas caixas de arrumação das parafusarias, adicionar um nivelador para que quando o

	<i>stock</i> descer desse nível, ser alertado o responsável para encomendar o material necessário.
Ocorrem várias avarias nas máquinas.	Implementar um sistema de manutenções preventivas.
O chefe de equipa realiza várias deslocações de cerca de 50 metros para ir imprimir as etiquetas de identificação CE.	Adquirir uma máquina de impressão de etiquetas e colocar junto da linha de produção
De cada OF diferente de colunas que entra na linha de produção, existe um processo com os desenhos e os materiais a serem aplicados nas colunas. Contudo, existe uma enorme pilha de processos pendentes em formato de papel ao qual o chefe de equipa gasta em média cerca de dois minutos à procura do processo correspondente àquela OF.	Adicionar no computador existente que faz a impressão das etiquetas, um programa que permita ao chefe de equipa fazer a pesquisa do processo e analisá-lo aí mesmo, em formato digital. Esta melhoria não só poupava bastante tempo na procura do processo, bem como se via reduzida a enorme quantidade de papel gasto.
Existem defeitos que são detetados apenas quando o produto está já a ser trabalhado, o que se torna um desperdício uma vez que a coluna terá de ir para reparar e o trabalho que foi realizado, terá novamente de ser executado.	Criar um controlo e inspeção na receção do material recebido.
Inexistência da avaliação do mapeamento do fluxo de valor (VSM)	Analisar e elaborar o mapeamento do fluxo do valor para serem detetados desperdícios



## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste último capítulo são elaboradas algumas considerações sobre os resultados obtidos que permitem explicar o estado atual das metodologias *lean* implementadas na indústria global, acabando por expor as limitações encontradas durante a dissertação e apresentado sugestões de investigações futuras.

### 5.1. Conclusões finais

Esta dissertação resume a relação entre os conceitos de “*lean tools*” e “*lean manufacturing*”. Para obter uma base de dados que servisse de estudo dos conceitos, foi realizada uma pesquisa extensiva de publicações científicas na plataforma *Web of Science*, que abrangeu um total de 123 publicações, proporcionando assim uma visão imparcial desses conceitos. Assim sendo, o objetivo principal deste trabalho foi investigar o estado atual das organizações industriais, a um nível global, no que concerne às práticas e implementações *lean* nas suas produções. Foi feita uma primeira análise quantitativa das publicações obtidas. Essa análise permitiu classificar os artigos em três categorias principais, a saber: casos de estudo, investigação ou inquérito. Foi também possível agrupar as publicações de acordo com os seus respetivos setores de atividade, países e locais de publicação. A partir desse agrupamento, foi possível tirar conclusões, identificar quais as ferramentas e metodologias *lean* que mais se destacam e são utilizadas, bem como o setor mais abordado. Quanto às principais conclusões a extrair da análise, são possíveis mencionar as seguintes:

- Os setores industriais com mais foco nas ferramentas *lean* são a metalomecânica, seguida pela área têxtil e automóvel;
- A ferramenta mais utilizada nas publicações foi o VSM com uma percentagem de 65% (correspondente a 92 em 95 publicações) seguido dos 5S's com 48% (correspondente a 46 em 95 publicações) relativamente ao total das publicações recolhidas no *Web of Science*;
- O VSM é sempre o primeiro passo a dar para serem identificados problemas ao longo da linha de produção, bem como para analisar o estado atual do valor do produto.

Com a finalidade de ser comprovado o grau de implementação das ferramentas e metodologias *lean*, foi elaborada uma auditoria genérica que abrange as diversas áreas do *lean*. No final da auditoria é feita uma avaliação que define e classifica o ponto de situação que a organização se situa no que à produção *lean* diz respeito. Esta classificação serve de comparação para as auditorias já realizadas, bem como para as futuras, vendo o progresso a um nível temporal.

A auditoria foi testada numa organização do setor da metalomecânica onde se verificou que as ferramentas *lean* aplicadas na empresa são essencialmente: 5S, SMED, *standard work*, *kanban*, controlo visual e *kaizen* diário. No geral, existem muitos passos a dar na empresa no que diz respeito ao *lean* pois existem ainda muitos desperdícios que podem ser minimizados com a aplicação das ferramentas *lean* adequadas.

## 5.2. Limitações e investigação futura

A maior limitação encontrada foi na recolha de todas as 123 publicações pesquisadas. Durante o período de pesquisa e recolha de informação, como referido anteriormente, não foi possível ter acesso a todos os artigos científicos. Um grande número não se encontra disponível para leitura na plataforma *Web Of Science*. Teve de se recorrer a outras plataformas para a obtenção. Contudo, houve ainda algumas publicações que continuavam indisponíveis à leitura. Seguiu-se a fase de entrada em contacto com os próprios autores dos artigos via *email*. De igual forma, embora alguns autores disponibilizassem as publicações, houve outros casos que não se obteve resposta.

Uma outra limitação encontrada, foi que das 123 publicações encontradas na pesquisa, nem todas foram possíveis serem aproveitadas para este estudo, uma vez que o seu conteúdo não correspondia às expectativas desejadas.

Como sugestão de estudo futuro, sugere-se a avaliação do impacto da realização da auditoria *lean* a longo prazo, fazendo uma comparação com o histórico das anteriores auditorias em determinada instituição. No caso específico da Metalgalva, uma outra forma de medir o impacto da auditoria *lean* é através do valor do indicador utilizado internamente, minuto por coluna. Se o valor desse indicador reduzir, foram implementadas ferramentas que permitiram diminuir os desperdícios ao longo do processo de fabrico.

Sugere-se que seja realizado um estudo do mapeamento do fluxo de valor no caso da Metalgalva, uma vez que o mesmo não existe e como foi visto, é das mais importantes ferramentas *lean*.

Para além disso, propõe-se analisar o nível de desenvolvimento bem como benefícios inerentes à implementação *lean* no setor dos serviços. Este setor está em constante evolução e segundo dados estatísticos, em Portugal, representa mais de 65% do PIB e emprega cerca de 69% da população. Vendo estes valores, é de grande interesse perceber de que forma podem ser melhorados processos e se o pensamento *lean* seria um bom contributo para a sua otimização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2016). *Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*. CRC Press.
- Abd Wahab, I., Ahmad, R., Azreen, S., Mustafa, M. S. J., & Din, M. S. H. (2019). Improvement on Bill of Materials Formatting Process by Adopting Lean and Six Sigma Approaches—A Case Study in a Semiconductor Industry. *International journal of integrated engineering*, *11*(8), 81–90.
- Abu, F., Gholami, H., Mat Saman, M. Z., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of Cleaner Production*, *234*, 660–680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.279>
- Adesta, E. Y. T., Prabowo, H. A., & Agusman, D. (2018). Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, *1–8*.
- Ahmad, A. N. A., Lee, T. C., Ramlan, R., Ahmad, M. F., Husin, N., & Abdul Rahim, M. (2017). The Hybrid Lean System to Improve Manufacturing Environment. *MATEC Web of Conferences*, *135*, 50. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500050>
- Ahmad, R., Masse, C., Jituri, S., Doucette, J., & Mertiny, P. (2018). Alberta Learning Factory for training reconfigurable assembly process value stream mapping. *Procedia Manufacturing*, *23*, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.023>
- Ahuja J.S & Khamba, I. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Aka, A., Isah, A. D., Eze, C. J., & Timileyin, O. (2019). Application of lean manufacturing tools and techniques for waste reduction in Nigerian bricks production process. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Akdeniz, C. (2015). *Lean Manufacturing Explained*. Createspace Independent Pub.
- Alain Courtois, Pillet, M., & Bonnefous. (2007). *Gestão da produção*. LIDEL
- Almanei, M., Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2018). A conceptual lean implementation framework based on change management theory. *Procedia CIRP*, *72*, 1160–1165. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.141>
- Alsyouf, I., Al-Aomar, R., Al-Hamed, H., & Qiu, X. (2011). A framework for assessing the cost effectiveness of lean tools. *European Journal of Industrial Engineering*, *5*(2), 170–197.
- Amorim, G. R. N. de. (2011). *Lean na manutenção: otimização do TPM* [FEUP - Faculdade de Engenharia]. <http://hdl.handle.net/10216/66381>
- Amrani, A., & Ducq, Y. (2020). Lean practices implementation in aerospace based on sector characteristics: methodology and case study. *Production Planning & Control*, *1–23*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1706197>

- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Andreadis, E., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2017). Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*, 55(23), 7073–7095. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1347302>
- Anvari, A., Zulkifli, N., & Arghish, O. (2014). Application of a modified VIKOR method for decision-making problems in lean tool selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(5–8), 829–841.
- Anvari, A., Zulkifli, N., Sorooshian, S., & Boyerhassani, O. (2014). An integrated design methodology based on the use of group AHP-DEA approach for measuring lean tools efficiency with undesirable output. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(9–12), 2169–2186.
- Anvari, A., Zulkifli, N., & Yusuff, R. M. (2013). A dynamic modeling to measure lean performance within lean attributes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66(5–8), 663–677.
- Aqlan, F., & Mustafa Ali, E. (2014). Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 29, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.01.006>
- Arezes, P.; Carvalho, D.; Alves, A.C (2010). *Threats and opportunities for workplace ergonomics in lean environments*. In Proceedings of the 17th International Annual EurOMA Conference-Managing Operations in Service Economics, Porto, Portugal.
- Art of Lean. (s.d.). *Toyota Production System - Basic Handbook*. Art of Lean, Inc. URL: [http://artoflean.com/wp-content/uploads/2019/01/Basic\\_TPS\\_Handbook.pdf](http://artoflean.com/wp-content/uploads/2019/01/Basic_TPS_Handbook.pdf). [Acesso em 2020]
- Aulakh, S. S., & Gill, J. S. (2008). Lean manufacturing-a practitioner's perspective. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1184–1188.
- Apreutesei, M., Suci, E., & Arvinte, I. (2010). Lean Manufacturing-A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes. *Analele Universitatii" Eftimie Murgu" Resita Fascicola de Inginerie*, 2(XVII), 23-34.
- Baby, B., N, P., & Jebadurai, D. S. (2018). Implementation of Lean Principles to Improve the Operations of a Sales Warehouse in the Manufacturing Industry. *International Journal of Technology*, 9(1), 46. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i1.1161>
- Baysan, S., Kabadurmus, O., Cevikcan, E., Satoglu, S. I., & Durmusoglu, M. B. (2019). A simulation-based methodology for the analysis of the effect of lean tools on energy efficiency: An application in power distribution industry. *Journal of Cleaner Production*, 211, 895–908. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.217>
- Ben Fredj-Ben Alaya, L. (2016). *VSM a powerful diagnostic and planning tool for a successful Lean implementation: a Tunisian case study of an auto parts manufacturing firm*. 1–16.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1165305>

Bhuvanesh Kumar, M., & Parameshwaran, R. (2018). Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organisation. *Production Planning & Control*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1434253>

Bin Wan Ibrahim, W. M. K., Rahman, M. A., & Bin Abu Bakar, M. R. (2017). Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Small and Medium Startup Pharmaceutical Company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 184, 12016. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/184/1/012016>

Brahmadeep, & Thomassey, S. (2014). A simulation based comparison: Manual and automatic distribution setup in a textile yarn rewinding unit of a yarn dyeing factory. 45, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.04.002>

Brito, M., Ramos, A.L., Carneiro, P., Gonçalves, M. (2019). The Eight Waste: Non-utilized Talent, in: Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges. *Nova Science Publishers*.

Carter, P. M., Desmond, J. S., Akanbobnaab, C., Oteng, R. A., Rominski, S. D., Barsan, W. G., & Cunningham, R. M. (2012). Optimizing Clinical Operations as Part of a Global Emergency Medicine Initiative in Kumasi, Ghana: Application of Lean Manufacturing Principals to Low-resource Health Systems. *Academic Emergency Medicine*, 19(3), 338–347. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2012.01311.x>

Chiarini, A. (2011). Integrating lean thinking into ISO 9001: A first guideline. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2.

Ching, N. T., Hoe, C. C. K., Hong, T. S., Ghobakhloo, M., & Pin, C. K. (2015). Case study of lean manufacturing application in a die casting manufacturing company. <https://doi.org/10.1063/1.4915851>

Choomlucksana, J., & Doolen, T. L. (2013). The impact of collaborative and simulation sessions on learning lean principles and methods: a multi-institutional study. *The International Journal of Engineering Education*, 29(6), 1514–1526.

Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N., & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30(5–6), 353–368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>

Cimorelli, S. (2016). *Kanban for the Supply Chain: Fundamental Practices for Manufacturing Management, Second Edition*. Taylor & Francis. ISBN 1439895503, 9781439895504

Coetzee, R., Jonker, C., Van der Merwe, K., & Van Dyk, L. (2019). The South African perspective on the lean manufacturing Respect for People principles. *SA Journal of Industrial Psychology*, 45(1), 1–11.

Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual

- assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>
- Costa, C., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2018). Implementation of 5S Methodology in a metalworking company. *DAAAM International Scientific Book*, 17, 1–12.
- Costa, L. B. M., & Godinho Filho, M. (2016). Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. *Production Planning & Control*, 27(10), 823–836. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1143131>
- Dadashnejad, A.-A., & Valmohammadi, C. (2018). Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: a case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*.
- Dal Forno, A. J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & 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(5–8), 779–790.
- Dănuț-Sorin, I. R., Opran, C. G., & Lamanna, G. (2020). Lean Manufacturing 4.0 of Polymeric Injection Molding Products. *Macromolecular Symposia*, 389(1), 1900109. <https://doi.org/10.1002/masy.201900109>
- De Steur, H., Wesana, J., Dora, M. K., Pearce, D., & Gellynck, X. (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. *Waste Management*, 58, 359–368. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- Deif, A. M., & Elmaraghy, H. (2014). *Cost performance dynamics in lean production leveling*. 33(4), 613–623. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.05.010>
- Delago, L. C., Machado, M. E., de Brito, F. O., Landgraf, G. C., Schroeder, M. D. A., & Torezzan, C. (2016). Learning lean philosophy through 3D game-based simulation. *2016 Winter Simulation Conference (WSC)*, 3385–3392.
- Dennis, P. (2017). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. Crc press.
- Deokar, A., Raj, S. A., Jayakrishna, K., & Zubar, H. A. (2019). Implementation of Lean Concepts Using Value Stream Mapping in Automotive Firm. In *Advances in Manufacturing Technology* (pp. 141–147). Springer.
- Deshmukh, G., Patil, C. R., & Deshmukh, M. G. (2017). Manufacturing industry performance based on lean production principles. *2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE)*, 1–6.
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192x.2017.1356473>
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L., & Martínez-Loya, V. (2018). *Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits*. Springer International Publishing.

- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). Lean Six Sigma implementation in a food processing SME: a case study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1151–1159.
- Dresch, A., Veit, D. R., de Lima, P. N., Lacerda, D. P., & Collatto, D. C. (2019). Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- El-Khalil, R. (2020). Lean manufacturing alignment with respect to performance metrics multinational corporations case study. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- El-Sayed, M. E. M. (2012). Implementation of lean tools and methodologies in design. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 45196, 1837–1842.
- Emiliani, M. (2008). *Standardized Work for Executive Leadership*. Leadership & Organization Development Journal.
- Fallas-Valverde, P., J Quesada, H., & Madrigal-Sánchez, J. (2018). Implementación de principios de manufactura esbelta a actividades logísticas: un caso de estudio en la industria maderera. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(3), 52–65.
- Furman, J., Kuczyńska-Chałada, M., Pawlak, S., & Grabowska, S. (2017). The influence of Lean Manufacturing tools on the product quality in the casting process—case study. *METAL*, 2017, 26th.
- Ghinato, P. (2000). *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. Editora Universitária da UFPE
- Gladysz, B., & Buczacki, A. (2018). Wireless technologies for lean manufacturing – a literature review. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, icpr. <https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17575>
- Gomes, F. (2016). Melhoria da eficiência de uma empresa de produção da indústria metalomecânica através da aplicação de metodologias e ferramentas Lean. Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Grichnik, K., Bohnen, H., & Turner, M. (2009). *Standardized Work – The first step toward real transformation*. Booz&Co.
- Grout, J. & Toussaint, J. (2010). *Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start*. *Business Horizons* 53.
- Gupta, A. K., & Garg, R. K. (2012). OEE improvement by TPM implementation: a case study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 1(1), 115–124.
- Hallam, C. R. A., Valerdi, R., & Contreras, C. (2018). Strategic lean actions for sustainable competitive advantage. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Hamja, A., Maalouf, M., & Hasle, P. (2019). Assessing the effects of lean on occupational health and safety in the Ready-Made Garment industry. *Work*, 64(2), 385–395.
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual-The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 5-Standardized Operations-Jidoka and Maintenance/Safety*. CRC Press.

- Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Horbal, R., Kagan, R., & Koch, T. (2008). Implementing lean manufacturing in high-mix production environment. In *Lean business systems and beyond* (pp. 257–267). Springer.
- Hussain, A., Rehman, A. U., Case, K., Masood, T., & Habib, M. S. (2018). *Lean manufacturing culture: The role of human perceptions of standardized work*.
- Ismail, M. Z. M., Zainal, A. H., Kasim, N. I., & Mukhtar, M. (2019). A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 469(1), 12086.
- Iuga, M. V., & Rosca, L. I. (2017). Comparison of problem solving tools in lean organizations. *MATEC Web of Conferences*, 121, 2004. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712102004>
- Jazani, R. K., Sahlabadi, A. S., & Mousavi, S. S. (2017). Relationship Between Lean Manufacturing and Ergonomics. *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, 162–166.
- Jezierski, J., & Janerka, K. (2013). *The Lean Manufacturing Tools in Polish Foundries*. 58(3). <https://doi.org/10.2478/amm-2013-0105>
- Jones, D. T. (2006). *Heijunka: leveling production*. *Manufacturing engineering*, 137(2), 29.
- Kane, M., Chui, K., Rimicci, J., Callagy, P., Hereford, J., Shen, S., Norris, R., & Pickham, D. (2015). Lean manufacturing improves emergency department throughput and patient satisfaction. *JONA: The Journal of Nursing Administration*, 45(9), 429–434.
- Kardec, A; Nascif, J. (2003). *Manutenção: função estratégica*. revisada e ampliada. *Rio de Janeiro: Qualitymark*.
- Khusaini, N. S., Jaffar, A., & Noriah, Y. (2014). A survey on lean manufacturing tools implementation in malaysian food and beverages industry using rasch model. *Advanced Materials Research*, 845, 642–646.
- Kim, S.-K. (2015). Lean initiative practice for supplier developments in Philippines. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Kiran, D. R. (2017). Chapter 34: ISO 9000 Quality Systems. *Total Quality Management*, 471-486
- Krishnan, V., & Parveen, C. M. (2013). Comparative study of lean manufacturing tools used in manufacturing firms and service sector. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1, 1–5.
- Kumar, B. S., & Abuthakeer, S. S. (2012). *Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry*. *JApSc*, 12(10), 1032-1037.
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study. *Production Planning & Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Kumar, S., Dhingra, A., & Singh, B. (2018). Lean-Kaizen implementation. *Journal of Engineering*,

*Design and Technology*, 16(1), 143–160. <https://doi.org/10.1108/jedt-08-2017-0083>

Kumar, S. S., & Kumar, M. P. (2014). Cycle Time Reduction of a Truck Body Assembly in an Automobile Industry by Lean Principles. *Procedia Materials Science*, 5, 1853–1862. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.493>

Kurdve, M., Shahbazi, S., Wendin, M., Bengtsson, C., & Wiktorsson, M. (2015). Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. *Journal of Cleaner Production*, 98, 304–315. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.076>

Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 81–92. <https://doi.org/10.14743/apem2020.1.351>

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook. United States of America: The McGraw-Hill Companies.*

Liker, J. K. (2004). *The Toyota way – 14 management principles from the World's Greatest Manufacturer*, 1st, New York, NY: McGraw-Hill.

Lim, K., Ahmed, P. & Zairi, M. (1999). *Managing waste and looking beyond: the IMI approach.* The TQM Magazine.

Losonci, D., Demeter, K., & Jenei, I. (2011). *Factors influencing employee perceptions in lean transformations. International Journal of Production Economics.*

Maginnis, M. A., Hapuwatte, B. M., & Jawahir, I. S. (2017). Implementing total lifecycle product sustainability through true lean thinking. *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, 544–553.

Mahapatra, S. S., & Mohanty, S. R. (2007). *Lean manufacturing in continuous process industry: an empirical study.*

Mahmood, A. (2019). Gazing Lean through the lens of System of Systems Dynamics: A case of weaving mill. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, 1558925019870705.

Mahmood, A. (2020). Smart lean in ring spinning—a case study to improve performance of yarn manufacturing process. *The Journal of The Textile Institute*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1724461>

McLeod, A. A., Stephens, M. P., & McWilliams, D. L. (2016). Empirical modeling of lean adoption in small to medium size manufacturers. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 15(04), 173–188.

Mohamad, E., Ibrahim, M. A., Rahman, M. A. A., Salleh, M. R., & Sulaiman, M. A. (2019). Generation of a Decision Support System to Enhance the Efficiency of Lean Manufacturing. *Industrial Engineering & Management Systems*, 18(2), 173–181.

Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time.* Norcross: Engineering and Management Press.

Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through

standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

Moreira, F. J. T. (2011). *Estudo da implementação da filosofia Lean na indústria Portuguesa*. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*: Productivity Press.

Nakajima, S. (1989). *TPM development Program: Implementing Total Productive Maintenance*, Productivity Press.

Nallusamy, S., & Saravanan, V. (2016). Enhancement of overall output in a small scale industry through VSM, line balancing and work standardization. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 26, 176–183.

Naqvi, S. A. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1), 1207296.

Nikolaeva, A. A., Demyanova, O. V., Aetdinova, R. R., & Mestnikova, Y. I. (s.d.). *Application of lean manufacturing methods in improving the quality of educational services in conditions of digitalization*.

Nonnemacher, G. L., & Pacheco, D. A. J. (2017). Análise da integração da teoria das restrições e do lean manufacturing no contexto da pequena empresa. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, 7(3), 3998–4012. <https://doi.org/10.7198/geintec.v7.i3.743>

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. USA: Doubleday & Company. crc Press.

Oliveira J.P. (2015). *Otimização das Receções e Fluxos Internos de Mercadorias no Complexo da Portucel Setúbal*. (Doctoral dissertation).

Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), 564–587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>

Parab, P. A., & Shirodkar, V. A. (2019). Value stream mapping: A case study of lock industry. *AIP Conference Proceedings*, 2148(1), 30041.

Pattanaik, L. N., Baug, T. K., & Koteswarapavan, C. (2019). A hybrid ELECTRE based prioritization of conjoint tools for lean and sustainable manufacturing. *Production Engineering*, 13(6), 665–673.

Pereira, Á. (2015). *Lean Management Caso da Indústria de Transformação de Madeiras*. Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Perera, H. A. D. (2016). Productivity improvement through lean tools in a Sri Lankan small and medium enterprise: A case study. *2016 Manufacturing & Industrial Engineering Symposium (MIES)*, 1–6.

Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking - Glossário de termos e acrónimos*. São Paulo: Comunidade Lean Thinking.

- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Pradabwong, J., Sriariyawat, N., & Temiyasathit, C. (2012). An investigation of lean implementation status in Thai manufacturing. *Applied Mechanics and Materials*, 110, 4050–4056.
- Priyaadarshini, R. G., Sathish Kumar, V. R., & Aishwarya Rajlakshmi, S. (2018). Study on lean thinking among MSMEs in the Machine tool sector in India. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 310, 12091. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/310/1/012091>
- Rafique, M. Z., Ab Rahman, M. N., Saibani, N., & Arsad, N. (2019). A systematic review of lean implementation approaches: A proposed technology combined lean implementation framework. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(3–4), 386–421.
- Rahani, A. R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Ramadan, M., Salah, B., Othman, M., & Ayubali, A. A. (2020). Industry 4.0-Based Real-Time Scheduling and Dispatching in Lean Manufacturing Systems. *Sustainability*, 12(6), 2272. <https://doi.org/10.3390/su12062272>
- Ramakrishnan, V., Jayaprakash, J., Elanchezhian, C., & Vijaya Ramnath, B. (2019). Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1244–1250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.221>
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S—a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Rehman, A. U., Usmani, Y. S., Umer, U., & Alkahtani, M. (2020). Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(3), 2263–2280.
- Rivera, L., & Frank Chen, F. (2007). Measuring the impact of Lean tools on the cost–time investment of a product using cost–time profiles. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(6), 684–689. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.013>
- Rosa, C., Silva, F., Pinto Ferreira, L., & Sá, J. C. (2019). *Lean manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts*. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, (Chapter 09), 189–224.
- Rovisco, J. M. L. (2017). *Lean Manufacturing: análise funcional de implementação da metodologia lean numa indústria alimentar* Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (Doctoral dissertation).
- Sahoo, S. (2020). Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs. *Benchmarking: An International Journal*.
- Salgueiro, G. N. (2015). *Aplicação de ferramentas para melhorar o processo produtivo numa empresa do sector automóvel*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Salleh, M., & Zain, M. Z. M. (2012). The study of lean layout in an automotive parts manufacturer. *Applied Mechanics and Materials*, 110, 3947–3951.

- Saravanan, V., Nallusamy, S., & George, A. (2018). Efficiency enhancement in a medium scale gearbox manufacturing company through different lean tools-A case study. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 34, 128–138.
- Sarmiento, W. J. A., Sandoval, D. C. V., & González, A. J. (2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(2), 60–77.
- Marchwinski, C., & Shook, J. (Eds.). (2003). *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Scyoc, K. (2008). *Process safety improvement - Quality and target zero*. Journal of Hazardous Materials.
- Seleem, S. N., Attia, E.-A., Karam, A., & El-Assal, A. (2020). A lean manufacturing road map using fuzzy-DEMATEL with case-based analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Shafeek, H. (2019). Lean Manufacturing Implementation in Carton Industry—A case study. *2019 Industrial & Systems Engineering Conference (ISEC)*, 1–9.
- Sharma, V., Dixit, A. R., & Qadri, M. A. (2016). Empirical assessment of the causal relationships among lean criteria using DEMATEL method. *Benchmarking: An International Journal*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System: Taylor & Francis*. CRC Press.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint: Taylor & Francis*. CRC Press.
- Silva, S., Perera, H. S. C., & Samarasinghe, G. D. (2012). Viability of lean manufacturing tools and techniques in the apparel industry in Sri Lanka. *Applied Mechanics and Materials*, 110, 4013–4022.
- Singh, J., Singh, H., & Singh, G. (2018). Productivity improvement using lean manufacturing in manufacturing industry of Northern India. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Singh, R. K., Choudhury, A. K., Tiwari, M. K., & Maull, R. S. (2006). An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: a case study from the steel industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(10), 1735–1749.
- Singh, S., Dixit, S., Sahai, S., Sao, A., Kalonia, Y., & Subramanya Kumar, R. (2018). Key Benefits of Adopting Lean Manufacturing Principles in Indian Construction Industry. *MATEC Web of Conferences*, 172, 5002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817205002>
- Sinha, P. K. (2008). *Manufacturing and Operations Management* (N. Prakashan (ed.)). Nirali Prakashan.
- Sîrbu, D., & Băişan, C. E. (2014). Lean Manufacturing Benefits in a Pharmaceutical Production Plant. *Applied Mechanics and Materials*, 657, 991–995.
- Sorooshian, S., & Ali, S. A. M. (2017). Lean Practices Pertaining Hard and Soft Factors in Service Sectors. *Calitatea*, 18(161), 80–86.

- Spear, S., & Bowen, H. (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. *Harvard Business Review*.
- Stadnicka, D., & Litwin, P. (2018). VSM based system dynamics analysis to determine manufacturing processes performance indicators. *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, icpr*. <https://doi.org/10.12783/dtetr/icpr2017/17624>
- Stadnicka, Dorota, & Litwin, P. (2019). Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis. *International Journal of Production Economics*, 208, 400–411. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.011>
- Swarnakar, V., & Vinodh, S. (2016). Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Tabares, L. M., Robles-Cárdenas, M., & Romainville, F. P. (2017). Evaluation and comparison of a lean production system by using SAE J4000 standard: a case study on the automotive industry in the state of Mexico. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(4), 461–468.
- Tang, S., Ng, T., Chong, W., & Chen, K. (2016). Case Study on Lean Manufacturing System Implementation in Batch Printing Industry Malaysia. *MATEC Web of Conferences*, 70, 5002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167005002>
- Team, P. P. D. (1999). *OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness*. SteinerBooks.
- Thomas, A. (2018). Developing an integrated quality network for lean operations systems. *Business Process Management Journal*.
- Tiwari, R. K., & Tiwari, J. K. (2018). Prioritization of barriers to lean implementation in Indian automotive small & medium sized enterprises. *Management and Production Engineering Review*, 9.
- Torielli, R. M., Abrahams, R. A., Smillie, R. W., & Voigt, R. C. (2011). Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries. *China Foundry*, 8(1), 74–88.
- Ulutas, B. (2011). *An application of SMED Methodology*. *World Academy of Science, Engineering & Technology*.
- Valor Agregado Consulting. (2020). <https://pt.slideshare.net/FlaviaFerrariRossifl/fotos-antes-depois-5-s-v1> [Acesso em 2020].
- Van Der Steen, M. P., & Tillema, S. (2018). Controlling lean manufacturing in multidivisional organisations. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(11), 2149–2168. <https://doi.org/10.1108/ijopm-09-2016-0563>
- Verma, N., & Sharma, V. (2017). Sustainable competitive advantage by implementing lean manufacturing “A Case study for Indian SME.” *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 9210–9217.
- Vieira, A., Nunes, E. P., & Sousa, S. (2018). *Key inefficiencies and improvement opportunities in the textile sector: A case study*.
- Vinodh, S., Kumar, S. V., & Vimal, K. E. K. (2014). *Implementing lean sigma in an Indian rotary switches manufacturing organisation*. 25(4), 288–302.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2012.684726>

Wakjira, M. W., & Singh, A. P. (2012). Total productive maintenance: A case study in manufacturing industry. *Global Journal of Research in Engineering*, 12(1-G).

Wan, H.-D., & Chen, F. F. (2009). *Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach*. 60(4), 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.01.001>

Wan, H.-D., & Frank Chen, F. (2008). *A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives*. 46(23), 6567–6584. <https://doi.org/10.1080/00207540802230058>

Wang, J. X. (2010). *Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based*. CRC Press. ISBN 1420086030, 9781420086034

Wirkus, M., & Chmielarz, A. (2018). Integration of Lean Manufacturing with ISO Management Systems in Enterprise. *Management and Production Engineering Review*, 9, 100–108.

Wyrwicka, M. K., & Mrugalska, B. (2017). Mirages of Lean Manufacturing in Practice. *Procedia Engineering*, 182, 780–785. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.200>

Xie, S. L. Y. Y. N., & Forrest, J. (1992). *Grey systems: theory and application*.

Yadav, O. P., Nepal, B. P., Rahaman, M. M., & Lal, V. (2017). *Lean Implementation and Organizational Transformation: A Literature Review*. 29(1), 2–16. <https://doi.org/10.1080/10429247.2016.1263914>

Yap, Z.-H., Low, F.-S., & Chong, H.-Y. (2018). Case study: Lean-RFID based waste identification system on example of small-medium manufacturing industries. *Management and Production Engineering Review*, 9.

Zahraee, S. M. (2016). A survey on lean manufacturing implementation in a selected manufacturing industry in Iran. *International Journal of Lean Six Sigma*.

Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on small and medium-sized enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1–2), 457–474

# APÊNDICE A – DOCUMENTO AUDITORIA LEAN

## AUDITORIA LEAN

Empresa

1ª Auditoria Lean? Sim  Não

Data da última auditoria  Avaliação da última auditoria

**Classificação:**

0 – não implementado; 1 – existem documentos mas não houve formação aos colaboradores; 2 – foram dadas formações aos colaboradores, contudo não está a ser cumprido; 3 – totalmente implementado

	Pontos a verificar	Classificação				Notas	
		0	1	2	3		
1 – 5S	1.1	As ferramentas que estão nos locais de trabalho são as apropriadas?					
	1.2	Os materiais e ferramentas estão devidamente identificadas?					
	1.3	As vias de trabalho / bancas / prateleiras estão limpas e organizadas?					
	1.4	Existem todos os recursos / materiais necessários para produzir?					
2 - SMED	2.1	As atividades internas estão reduzidas ao máximo?					
	2.2	As ferramentas são trocadas com as máquinas em produção?					
3 – STANDARDWORK	3.1	As operações estão reduzidas ao máximo?					
	3.2	Existe uma Instrução de Trabalho para cada operação?					
	3.3	As Instruções de Trabalho estão atualizadas?					
	3.4	A Instrução de Trabalho é cumprida na totalidade?					
	3.5	As instruções de trabalho encontram-se num local visível e nas zonas onde se realizam as operações?					
	3.6	O operador segue sempre o mesmo padrão de execução?					
	3.7	Existe um sistema de formação para quando um operador novo incorpora um novo posto?					
	3.8	Existe um sistema de rotação de operadores em diferentes postos de trabalho?					

Figura 33 - Auditoria pág.1

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas	
		0	1	2	3		
4 - HEIJUNKA	4.1	O volume de produção não varia independentemente da altura do ano?					
	4.2	Está a aplicar esta ferramenta?					
	4.3	Existe um planeamento diário da produção?					
	4.4	Existe um planeamento semanal da produção?					
	4.5	Existe uma medição de tempos de operação/máquina?					
	4.6	Com esses tempos, existe um balanceamento das linhas de produção?					
5 - KANBAN	5.1	São utilizados cartões Kanban?					
	5.2	Kanban de produção, logístico de informação?					
	5.3	Há rutura de stocks?					
6 - TPM	6.1	Existe um sistema de manutenção preventiva?					
	6.2	São realizadas manutenções preditivas?					
	6.3	A empresa tem um sistema de manutenção autónoma?					
	6.4	Existe controlo de qualidade nas máquinas para atingir o Zero Defeito?					
	6.5	Existe um trabalho de melhorias nas máquinas?					
	6.6	Existe um controlo inicial nas primeiras peças produzidas?					
	6.7	É dada educação e formação aos operadores sobre o funcionamento e manutenção?					
	6.8	A segurança dos operadores está assegurada através de dispositivos contra acidentes?					
	6.9	Existe um estudo do OEE?					

Figura 34 - Auditoria pág.2

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas	
		0	1	2	3		
7 – CONTROLO VISUAL	7.1	Existe um controlo visual nos postos de trabalho?					
	7.2	Existem dispositivos de controlo visual que informam os problemas ou pedidos de intervenção? (ANDON?)					
8 – CÉLULAS DE FABRICO	8.1	Os postos de trabalho estão posicionados em forma de "U"?					
	8.2	Existe muitas deslocações entre postos de trabalho?					
	8.3	O produto é movimentado num sistema "pull"?					
	8.4	Existe um fluxo contínuo dos materiais?					
9 – JIDOKA	9.1	Quando um produto é detetado como defeituoso, a máquina é parada?					
	9.2	O problema é resolvido de forma imediata?					
	9.3	Posteriormente, é analisado o defeito e averiguado a causa raiz do problema?					
	9.4	Descoberta a causa, é realizado um trabalho para eliminar mais defeitos iguais?					
	9.5	Quando existe uma avaria a máquina pára automaticamente?					
	9.6	Quando existe uma avaria a máquina emite um alerta?					
10 – KAIZEN DIÁRIO	10.1	Existe um sistema de melhoria contínua?					
	10.2	Os operadores têm uma palavra ativa na sugestão de melhorias?					
	10.3	As sugestões dos operadores são postas em prática?					
	10.4	Os operadores são informados do estado das melhorias? Aprovadas ou rejeitadas					
	10.5	Existem reuniões/eventos de melhoria contínua?					
	10.6	Existem reuniões diárias em cada troca de turno?					
	10.7	Nas reuniões diárias são faladas situações/aspectos que tenham gerado problemas?					

Figura 35 - Auditoria pág.3

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas	
		0	1	2	3		
10 – KAIZEN DIÁRIO	10.8	Existe um responsável (eng. processos) para resolver os problemas diários?					
	10.9	Existe um responsável (eng. processos) para implementar as melhorias?					
	10.10	As melhorias seguem o sistema PDCA?					
11 - VSM	11.1	Existe um mapeamento do fluxo de valor?					
	11.2	O mapeamento tem menos de 6 meses?					
	11.3	Estão identificados os postos onde existem gargalos?					
	11.4	Existe um mapeamento futuro?					
12 – POKE YOKE	12.1	As máquinas/ferramentas estão incorporadas com um sistema à prova de erro?					

**Observações:**

**Sugestões de melhoria:**

**Avaliação final:**

0 – Implementação *lean* inexistente;  
 Entre 0 e 1 – implementação *lean* reduzida;  
 Entre 1 e 2 – implementação *lean* razoável;  
 Entre 2 e 3 – implementação *lean* satisfatória;  
 3 – Implementação *lean* de topo

**Data:**

**Assinatura:**

*Figura 36 - Auditoria pág.4*

## APÊNDICE B – AUDITORIA LEAN NUMA METALOMECÂNICA

### AUDITORIA LEAN

Empresa METALOGALVA

1ª Auditoria Lean? Sim  Não

Data da última auditoria                      Avaliação da última auditoria                     

---

**Classificação:**

0 – não implementado; 1 – existem documentos mas não houve formação aos colaboradores; 2 – foram dadas formações aos colaboradores, contudo não está a ser cumprido; 3 – totalmente implementado

	Pontos a verificar	Classificação				Notas
		0	1	2	3	
<b>1 – 5S</b>	1.1 As ferramentas que estão nos locais de trabalho são as apropriadas?			X		
	1.2 Os materiais e ferramentas estão devidamente identificadas?				X	
	1.3 As vias de trabalho / bancas / prateleiras estão limpas e organizadas?		X			
	1.4 Existem todos os recursos / materiais necessários para produzir?				X	TROCA DE FERRAMENTAS ENTRE TURNOS
<b>2 – SMED</b>	2.1 As atividades internas estão reduzidas ao máximo?				X	
	2.2 As ferramentas são trocadas com as máquinas em produção?				X	
<b>3 – STANDARDWORK</b>	3.1 As operações estão reduzidas ao máximo?			X		
	3.2 Existe uma Instrução de Trabalho para cada operação?				X	
	3.3 As Instruções de Trabalho estão atualizadas?				X	
	3.4 A Instrução de Trabalho é cumprida na totalidade?			X		
	3.5 As instruções de trabalho encontram-se num local visível e nas zonas onde se realizam as operações?				X	
	3.6 O operador segue sempre o mesmo padrão de execução?			X		
	3.7 Existe um sistema de formação para quando um operador novo incorpora um novo posto?				X	
	3.8 Existe um sistema de rotação de operadores em diferentes postos de trabalho?				X	

Versão 1
Auditoria Lean
Página 1 de 4

Figura 37 - Auditoria Metalogalva pág.1

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas
		0	1	2	3	
4 - HEIJUNKA	4.1	O volume de produção não varia independentemente da altura do ano?	X			
	4.2	Está a aplicar esta ferramenta?		X		
	4.3	Existe um planeamento diário da produção?				X
	4.4	Existe um planeamento semanal da produção?		X		
	4.5	Existe uma medição de tempos de operação/máquina?			X	INDICADOR DIÁRIO
	4.6	Com esses tempos, existe um balanceamento das linhas de produção?			X	
5 - KANBAN	5.1	São utilizados cartões Kanban?			X	
	5.2	Kanban de produção, logístico de informação			X	
	5.3	Há rutura de stocks	X	<del>X</del>		FALTA DE PARA FUSARIAS
6 - TPM	6.1	Existe um sistema de manutenção preventiva?	X			CORRETIVA
	6.2	São realizadas manutenções preditivas?	X			
	6.3	A empresa tem um sistema de manutenção autónoma?		X		
	6.4	Existe controlo de qualidade nas máquinas para atingir o Zero Defeito?	X			
	6.5	Existe um trabalho de melhorias nas máquinas?	X			
	6.6	Existe um controlo inicial nas primeiras peças produzidas?			X	
	6.7	É dada educação e formação aos operadores sobre o funcionamento e manutenção?			X	
	6.8	A segurança dos operadores está assegurada através de dispositivos contra acidentes?		X		
	6.9	Existe um estudo do OEE?	X			

Figura 38 - Auditoria Metalgalva pág.2

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas
		0	1	2	3	
7 – CONTROLO VISUAL	7.1		X			
	7.2		X			
8 – CÉLULAS DE FABRICO	8.1		X			Linha
	8.2		X			
	8.3		X			
	8.4			X		
9 – JIDOKA	9.1	X				
	9.2			X		
	9.3		X			
	9.4		X			
	9.5		X			
	9.6	X				
10 – KAIZEN DIÁRIO	10.1			X		
	10.2			X		
	10.3			X		
	10.4			X		
	10.5		X			
	10.6				X	
	10.7			X		

Figura 39 - Auditoria Metalgalva pág.3

## AUDITORIA LEAN

	Pontos a verificar	Classificação				Notas
		0	1	2	3	
10 - KAIZEN DIÁRIO	10.8				X	
	10.9				X	
	10.10			X		
11 - VSM	11.1	X				
	11.2	X				
	11.3			X		
	11.4	X				
12 - POKE YOKE	12.1		X			

## Observações:

No âmbito geral existem bastantes pessoas a dar na empresa no que diz respeito à produção lean pois ainda existem vários desperdícios que podem ser minimizados com a aplicação dos ferramentas lean apropriadas

## Sugestões de melhoria:

Os primeiros passos a serem dados numa implementação lean passa por ter os bancos limpos e alinhados, e para isto, sugere-se começar por se dada uma formação de 5S's aos trabalhadores

## Avaliação final:

7,46

- 0 - Implementação lean inexistente;  
 Entre 0 e 1 - implementação lean reduzida;  
 Entre 1 e 2 - implementação lean razoável;  
 Entre 2 e 3 - implementação lean satisfatória;  
 3 - Implementação lean de topo

Data: 18/08/2020

Assinatura:



Figura 40 - Auditoria Metalgalva pág.4

