Lusíada
Repositório das Universidades Lusíada

Universidades Lusíada

Pais, Flávio Maia

Impacto do lean logistics na redução dos custos em pequenas e médias empresas

http://hdl.handle.net/11067/7949

Metadata

Issue Date 2024

Abstract O projeto de dissertação teve como objetivo analisar o potencial da integração do Lean Logistics no desenvolvimento de pequenas e médias empresas e na sua lucratividade. O conceito de Lean relativamente novo e em desenvolvimento em pequenas e médias empresas, especialmente na logística, com literatura escassa e estudos iniciais a datar de 2013. A revisão da literatura revelou que 80% dos artigos estão ligados a empresas de manufatura, com apenas dois artigos focando em Lean Logistics em pequenas...

The dissertation project aimed to analyze the potential of integrating Lean Logistics in the development and profitability of small and medium-sized enterprises (SMEs). The concept of Lean is relatively new and developing in SMEs, especially in logistics, with limited literature and initial studies dating back to 2013. The literature review revealed that 80% of the articles are related to manufacturing companies, with only two articles focusing on Lean Logistics in SMEs. The integration of Lean ...

Keywords Logística, Reduçao de custos, PME, Logística empresarial

Type masterThesis

Peer Reviewed no

Collections [ULF-FET] Dissertações

This page was automatically generated in 2025-04-19T10:24:57Z with information provided by the Repository

UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

Impacto do *Lean Logistics* na redução dos custos em pequenas e médias empresa

Flávio Maia Pais

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Vila Nova de Famalicão – Dezembro de 2024

UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

Impacto do *Lean Logistics* na redução dos custos em pequenas e médias empresas.

Flávio Maia Pais

Orientador: Profª. Doutora Ana Cecília Dias Ferreira Ribeiro

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Agradecimentos

Quero agradecer,

À professora Ana Cecília Ribeiro por me auxiliar na elaboração desta dissertação, facultando todo o apoio necessário e pela preocupação demonstrada.

Aos meus pais, e ao meu irmão Duarte Pais, em primeiro lugar, pelo apoio constante e preocupação demonstrada, pelas palavras de conforto e de força nos momentos de dificuldades, pelo carinho e amor que partilhamos entre nós. Sem a vossa luz na minha vida, certamente este objetivo não seria possível.

Aos meus avós, por todos os ensinamentos da vida, valores e pela mensagem de que sem trabalho nada é possível, sobretudo ao meu avô Fernando Moreira Maia um agradecimento especial, pelo que representou para mim e na pessoa que sou hoje, sem dúvida fez de mim um melhor Homem nos dias que correm.

Aos meus amigos, que me incentivaram ao longo desta jornada e que acreditaram em mim e no meu valor, entre todos eles um agradecimento especial:
À minha cunhada Rita Agra e ao Júlio Lima que me ajudaram a quebrar padrões e a mudar rotinas, que me fizeram dar valor à consistência e à disciplina, tornando o processo de escrita mais constante e simples. Ao Joel por todas as dúvidas tiradas.

A Deus, pois sem Ele certamente nada disto aconteceria!

Sinto uma enorme gratidão por todos vocês, obrigado!!!

Resumo

O projeto de dissertação teve como objetivo analisar o potencial da integração do *Lean Logistics* no desenvolvimento de pequenas e médias empresas e na sua lucratividade. O conceito de *Lean* relativamente novo e em desenvolvimento em pequenas e médias empresas, especialmente na logística, com literatura escassa e estudos iniciais a datar de 2013. A revisão da literatura revelou que 80% dos artigos estão ligados a empresas de manufatura, com apenas dois artigos focando em *Lean Logistics* em pequenas e médias empresas. A integração do *Lean* com a Indústria 4.0 e a digitalização, mostram que uma abordagem holística pode melhorar o desempenho das pequenas e médias empresas, especialmente em países desenvolvidos onde a implementação está mais avançada.

A pesquisa identificou algumas barreiras à implementação do *Lean* como recursos limitados e resistência à mudança, e destacou a necessidade de compromisso da gestão como fator crítico de sucesso.

O estudo de caso de uma microempresa familiar no setor da construção destacou melhorias operacionais através de práticas *Lean* simples como o 5S e a otimização do *layout* do armazém, resultando em aumentos das receitas. A principal barreira para a implementação do *Lean* nessa microempresa foi a limitação de recursos humanos, evidenciada pela dificuldade de convencer a gestão, a adotar práticas *Lean* devido ao ritmo intenso de trabalho e falta de tempo. Horários apertados também se mostraram uma barreira, afetando a logística e as operações de armazém. Contrariamente à opinião de que o *Lean* não é viável para empresas com menos de 10 funcionários, o projeto de dissertação demonstra que, na parte logística, as melhorias podem ser possíveis.

A informatização, e técnicas *Lean* corretamente aplicadas redistribuem eficientemente as tarefas, aumentando a produtividade e a qualidade de vida dos colaboradores. As melhorias na gestão de *stock* e organização do armazém mostraram-se altamente benéficas, eliminando desperdícios e otimizando recursos.

Com a reorganização dos materiais, o tempo de carga e descarga de andaimes foi reduzido, economizando 37 horas de trabalho por ano e o carregamento dos veículos resultou numa poupança anual de cerca de 100 horas de trabalho. Além disso, o reaproveitamento de latas de tinta, resultou numa poupança de 1400 euros. A necessidade do uso de andaimes foi reduzida cerca de 16 horas de trabalho ao ano. Ao aplicar 5S e um novo *layout*, reduziram-se erros de falta de material, resultando numa poupança de 587 euros.

Palavras-Chave: Logística industrial, Redução de custos, *Lean Logistics*, PME.

Abstract

The dissertation project aimed to analyze the potential of integrating Lean Logistics in the development and profitability of small and medium-sized enterprises (SMEs). The concept of Lean is relatively new and developing in SMEs, especially in logistics, with limited literature and initial studies dating back to 2013. The literature review revealed that 80% of the articles are related to manufacturing companies, with only two articles focusing on Lean Logistics in SMEs. The integration of Lean with Industry 4.0 and digitization shows that a holistic approach can improve the performance of SMEs, especially in developed countries where implementation is more advanced.

The research identified several barriers to the implementation of Lean, such as limited resources and resistance to change, and highlighted the need for management commitment as a critical success factor. A case study of a family-owned microenterprise in the construction sector demonstrated operational improvements through simple Lean practices such as 5S and warehouse *layout* optimization, resulting in increased revenues. The main barrier to Lean implementation in this microenterprise was the limitation of human resources, evidenced by the difficulty in convincing management to adopt Lean practices due to the intense work pace and lack of time. Tight schedules also proved to be a barrier, affecting logistics and warehouse operations.

Contrary to the opinion that Lean is not viable for companies with fewer than 10 employees, the dissertation project demonstrates that improvements in logistics are possible. Computerization and correctly applied Lean techniques efficiently redistribute tasks, increasing productivity and employees' quality of life. Improvements in *stock* management and warehouse organization proved highly beneficial, eliminating waste and optimizing resources.

With the reorganization of materials, scaffold loading and unloading time was reduced, saving 37 work hours per year, and vehicle loading resulted in an annual saving of about 100 work hours. Additionally, the reuse of paint cans saved 1400 euros. The need for scaffold use was reduced by about 16 work hours per year. By applying 5S and a new *layout*, material shortage errors were reduced, resulting in a saving of 587 euros.

Keiwords: Industrial logistics, Cost reduction, *Lean logistics*, Small and Medium Enterprises (SME)

Índice

AGRADECIMENTOS III
RESUMO IV
ABSTRACT V
ÍNDICE VI
LISTA DE FIGURAS VIII
LISTA DE TABELAS X
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLO XI
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Enquadramento 1
1.2 Objetivos 4
1.3 Metodologia de investigação 4
1.4 Estrutura da dissertação 5
2 CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA 6
2.1 Características do *Lean* 6
2.1.1 Desperdícios *Lean* 7
2.1.2 Síntese de algumas ferramentas *Lean* 8
2.2 Logística e a sua função na cadeia de abastecimento 14
2.3 Pequenas e médias empresas 17
3 PROCEDIMENTO PARA A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA 19
3.1 Revisão Sistemática da Literatura e benefícios 19
3.2 Caracterização dos estudos 20
3.3 Principais classificações da literatura 28
3.3.1 Barreiras na implementação do *Lean* em PME 28
3.3.2 Fatores críticos de sucesso na implementação do *Lean* em PME 32
3.3.3 Ferramentas *Lean* implementadas com maior sucesso em PME 36
3.3.4 Indústria 4.0 em PME 38
3.3.5 Digitalização em PME 43
3.3.6 Lean Green 46
3.3.7 Síntese dos diversos componentes da I4.0 47
4 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO 50
4.1 A empresa 50

4.2 Máquinas e materiais 50
4.3 Fornecedores 51
4.4 *Layout* do armazém 51
5 PROCESSO LOGÍSTICO DA EMPRESA 54
5.1 Processamento dos trabalhos da empresa 54
5.2 Problemas do processo logístico do armazém 55
6 PROPOSTAS DE MELHORIA E RESULTADOS 63
7 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO 69
7.1 Conclusão 69
7.2 Trabalho futuro 70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71
APÊNDICE 1 77
APÊNDICE 2 78
ANEXO 1 79

Lista de Figuras

Figura 1 - Atividades numa empresa em termos de valor acrescentado (D. T. Jones et al., 1997)..... 1
Figura 2 – Sistema Pull (Adaptado de Rajab et al., 2022)..... 10
Figura 3 - Sequência de uma CA (adaptado de Cil,2020). 15
Figura 4 - Diferentes tipos de logística numa CA (adaptado de Cil,2020)..... 16
Figura 5 - Número de artigos por palavras pesquisadas. 20
Figura 6 - Número de artigos no Science Direct com acesso livre. 21
Figura 7 – Número de artigos do Science Direct com acesso livre e sem repetição. 22
Figura 8 – Número de artigos da pesquisa, por ano de publicação. 22
Figura 9 - Métodos de investigação. 23
Figura 10 - Métodos de investigação com casos práticos. 23
Figura 11 - Número de artigos por setor de atividade. 24
Figura 12 - Percentagem de artigos relacionados a manufatura 25
Figura 13 - Artigos por tamanho da empresa..... 25
Figura 14 - Países das empresas estudadas dos artigos em estudo. 25
Figura 15 – Número de artigos com estudos nos continentes. 26
Figura 16 - Ferramenta Lean estudada por artigo em percentagem. 27
Figura 17 - Material auxiliar. Andaimes..... 50
Figura 18 - Pladur branco. 51
Figura 19 - Layout do armazém 52
Figura 20 - Andaimes na parede da área 5 do layout..... 56
Figura 21 - Estante e área das tintas. 57
Figura 22 - Livro da variedade de cores de tintas existentes. 57
Figura 23 - Material no meio do caminho (área 7)..... 58
Figura 24 - Área de andaime e materiais auxiliares 58
Figura 25 - Sobreposição de partes do andaime 59
Figura 26 - Sacos de areia de meia tonelada..... 59
Figura 27 - Material sopreposto no pladur..... 60
Figura 28 - Processo de sobreposição de pladur. 60
Figura 29 - Exemplo de um material da base de dados em Excel das tintas existentes. 65
Figura 30 - Layout proposto 66
Figura 31 - Barreiras ao *Lean* em percentagem. 77

Figura 32 - FCS do Lean em percentagem de acordo com referências encontradas 78
Figura 33 - Exemplo de um VSM, adaptado de Norton,2007 79

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Diferenças entre camião para carga completa ou menor. 14

Tabela 2 - Critérios para ser uma PME na EU adaptado de (*Saiba Que Critérios Definem Uma PME*, 2022) 17

Tabela 3 - Barreiras do *Lean* em PME por artigos estudados..... 29

Tabela 4 - Barreiras do *Lean* em PME de construção..... 32

Tabela 5 - FCS do *Lean* em PME por artigos estudados. 33

Tabela 6 - Barreiras VS FCS do *Lean* em PME. Adaptado de (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019)..... 35

Tabela 7 - Ferramentas *Lean* em PME..... 36

Tabela 8 - Vantagens da aplicação do *Lean* na indústria 4.0..... 39

Tabela 9 - Barreiras da I4.0..... 41

Tabela 10 - FCS na Indústria 4.0 42

Tabela 11 - Forças motrizes da I4.0..... 42

Tabela 12 - Vantagens da digitalização em PME..... 44

Tabela 13 - Dificuldades da Digitalização em PME..... 45

Tabela 14 - Problemas e causas encontrados no armazém 61

Tabela 15 - Causa e problema VS solução..... 63

Tabela 16 - Dimensões das paletes de tijolo, massa e base de chão 67

Lista de Abreviaturas e Símbolo

3PL – Logística de terceiros

4PL – Logística de quarta parte

CA – Cadeia de Abastecimento

COMEGI – Centro de Investigação em Organizações, Mercados e Gestão Industrial

EPI's – Equipamentos de Proteção Individual

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCS – Fatores Críticos de Sucesso

GCA – Gestão da Cadeia de Abastecimento

I4.0 – Indústria 4.0

JIT – *Just in Time*

LL – *Lean Logistics*

LM – *Lean manufaturing*

LTL – *Less Than Truckload*

PME –Pequenas e médias empresas

RSL – Revisão sistemática da literatura

SMED - *Single Minute Exchange of Dies*

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TL – *Truckload*

TPS – *Toyota Production System*

VSM - *Value Stream Mapping*

1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se o projeto de dissertação que pretende investigar "O impacto do *Lean Logistics* (LL) na redução dos custos em pequenas e médias empresas (PME)", e que foi desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharias e Tecnologias da Universidade Lusíada – Norte, campus de Vila Nova de Famalicão. Concretamente, apresenta-se o enquadramento, os objetivos propostos, a metodologia utilizada para a investigação e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

O foco de uma empresa reside na geração de valor para o cliente, sendo esta a única razão para a existência da empresa sob a perspetiva dos clientes. No ato da aquisição de um produto, o cliente não paga as operações e atividades que não contribuem para o valor na cadeia de abastecimento (CA). Várias etapas num processo produtivo são reconhecidas como não adicionando valor. Fazem parte dessas atividades os períodos de espera, a correção de erros, o processamento excessivo, a movimentação excessiva, o transporte excessivo e o *stock* excessivo. Observa-se que, conforme ilustrado na Figura 1, que 35% das atividades nas empresas não agregam valor apesar de serem necessárias, e que 60% não apresentam qualquer valor acrescentado e não são consideradas necessárias (Jones et al., 1997).

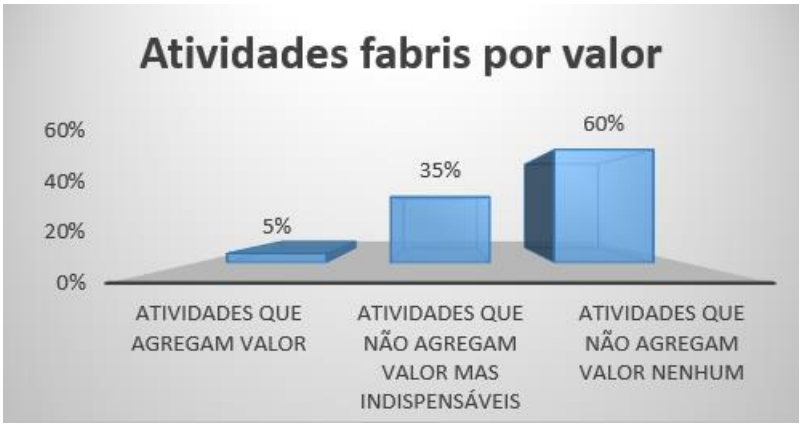


Figura 1 - Atividades numa empresa em termos de valor acrescentado (D. T. Jones et al., 1997).

A filosofia *Lean*, quando aplicada numa empresa e na sua cadeia CA, proporciona maior competitividade, aprimora o fluxo operacional e torna o sistema mais produtivo, por meio da aplicação de princípios destinados a reduzir desperdícios.

PME na União Europeia, representam 99% das empresas e contribuem com mais de 75 milhões de empregos (Saiba Que Critérios Definem Uma PME, 2022). PME são numerosas e são a espinha dorsal da economia, empregando na Europa em 2012 mais de 67% da totalidade de trabalhadores, assim a introdução de métodos *Lean* nos seus departamentos de engenharia podem ser uma alavanca à eficiência, mas também à inovação (Rauch et al., 2017).

PME são contribuintes chave para o desenvolvimento económico, para a criação de empregos e para o bem-estar das economias (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

As PME produzem por norma mais produtos individualizados do que as grandes empresas, sendo mais difícil padronizar processos quando o lote de produção é baixo, assim o custo-benefício de aplicação da manufatura *lean* é desfavorável em PME, com custos associados sem ter certeza do retorno (Hoellthaler et al., 2018).

As barreiras à implementação de boas práticas do Lean em pequenas e médias empresas (PME) são importantes no contexto do desenvolvimento económico. Entre as principais barreiras identificadas estão a limitação de recursos, a falta de conhecimento técnico ("*know-how*"), a incompreensão dos conceitos *Lean*, a resistência à mudança e a falta de comprometimento da gestão de topo. As barreiras estão interconectadas e influenciam-se mutuamente assim, existe uma necessidade de abordagem integrada, para os desafios serem superados. As barreiras estão interconectadas pois a falta de conhecimento técnico pode gerar uma compreensão superficial do Lean, o que dificulta a implementação correta e gera resistência à mudança. Sem comprometimento da gestão de topo, esses problemas se agravam, pois, os recursos necessários (tempo, treinamento, tecnologia) não são alocados adequadamente.

Algumas PME, como as da área de construção civil ou da área da indústria farmacêutica, tem complexidades adicionais próprias, as farmacêuticas por terem vários produtos perigosos que necessitam de alta regulamentação, enquanto as da área da construção civil pelo seu local de produção variar de obra para obra.

Os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) são essenciais para alcançar resultados positivos em iniciativas e projetos *Lean* especialmente quando se trata de PME devido aos seus recursos limitados e processos complexos e dependendo fortemente do compromisso da Gestão de Topo, da capacidade financeira e do treino eficiente das equipas de trabalho (Elkhairi, Fedouaki, & El Alami, 2019)

Existem ferramentas e técnicas eficazes na implementação do *Lean* em PME. Há a importância de iniciar com ferramentas de implementação fácil e de baixo custo, como a gestão visual, os 5S, o *Value Stream Mapping* (VSM) e o trabalho padronizado, antes de introduzir ferramentas complexas como a manutenção produtiva total e as iniciativas de Tecnologia da

Informação (TI). Apesar de menos populares, ferramentas como o dimensionamento de lotes pequenos, SMED e *Kaizen* também são abordadas (Alkhoraif et al., 2019).

Existe uma convergência das abordagens da Indústria 4.0 (I4.0) e da Gestão *Lean* no contexto das PME e nas suas implicações na eficiência operacional. A I4.0, também traduzida como a quarta revolução industrial, visa transformar os processos de produção por meio da integração de tecnologias avançadas e da criação de fábricas conectadas e inteligentes. Tanto a gestão *Lean* como a I4.0 pretendem aprimorar a produtividade e flexibilidade do processo. Além disso, são analisados os benefícios potenciais da implementação da I4.0 na gestão *Lean* e são incluídos nesses benefícios a facilitação da introdução do *Lean*, o aumento da eficiência e da sua produtividade, e a contribuição para o desempenho económico, social e ambiental (Vijayan & Mork, 2020).

A digitalização emerge como um elemento fundamental para facilitar a implementação dos sistemas de produção *Lean*, e permite a adaptação eficiente dos sistemas aos desafios dos mercados, cada vez mais dinâmicos, essa adaptação ocorre por proporcionar informações acessíveis em tempo real e transforma os sistemas de produção em entidades auto-organizadas. A digitalização é crucial para enfrentar novos desafios, mas a sua adoção requer uma abordagem personalizada, considerando as características distintas de grandes empresas multinacionais e das PME, bem como superar as barreiras específicas identificadas em cada caso particular de uma PME (Hoellthaler et al., 2018).

Num contexto empresarial altamente competitivo, a busca pela sustentabilidade tem levado à adoção de práticas ambientalmente conscientes, muitas vezes validadas por selos verdes. Esses selos além de validarem o cumprimento dos requisitos legais conferem credibilidade e diferenciação no mercado, para assim corresponderem às expectativas dos consumidores (Fiorello et al., 2023).

A logística desempenha um papel crucial na CA, sendo responsável pelo planeamento, implementação, controlo e armazenamento de mercadorias, serviços e informações relacionadas. É muito importante numa empresa, e visa principalmente a entrega precisa do produto ao cliente, no momento e local adequados, com o menor custo possível (Bowersox, 1997).

No projeto de dissertação, exploraram-se as dinâmicas operacionais logísticas no armazém de uma microempresa especializada na colocação de *pladur* em obras, nomeadamente no processo de cargas e descargas dos veículos para as obras e a envolvência da Gestão de topo nessas políticas.

1.2 Objetivos

Os objetivos do projeto de dissertação são:

- Analisar o potencial da implementação do LL no desenvolvimento das PME.

- Identificar as principais abordagens da implementação do *Lean* em PME existentes na literatura, e identificar as barreiras e FCS, vantagens, métodos e ferramentas mais aplicadas pelas PME, e assim concluir as boas práticas a serem praticadas tendo em consideração os impactos económicos da sua implementação nas PME;

- Identificar as barreiras, FCS e vantagens da I4.0 e da digitalização numa PME;

- Identificar os pontos convergentes entre o *Lean*, a I4.0, a digitalização e a sustentabilidade e como a sua abordagem de implementação holística pode melhorar uma PME;

- Aplicar métodos simples e eficazes do *Lean* numa microempresa familiar da área da construção e avaliar as melhorias resultantes e de que forma as receitas são afetadas.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação aplicada foi a revisão sistemática da literatura (RSL). Esta abrangeu diversas fontes documentais como livros, teses de doutoramento, dissertações e artigos científicos. Esta revisão proporcionou uma base sólida para a obtenção do conhecimento essencial relacionado ao *Lean*, ao incluir a sua história, os seus princípios, e as ferramentas e benefícios decorrentes da sua adoção. Em seguida, a pesquisa foi aprofundada com foco específico na aplicação do *Lean* em PME.

O *Lean* foi concebido para reduzir o consumo de recursos e atividades que não agregam valor a um processo, mas originalmente destinava-se a grandes sistemas de produção apenas. Portanto, foi imperativo desenvolver conteúdo de apoio para que também as PME pudessem implementar gradualmente o *Lean*, adaptando-se às suas características específicas, como a limitação de recursos.

A recolha e síntese de dados, permitiu a análise de várias variáveis. Todas as informações relevantes foram cuidadosamente sintetizadas, e contribuíram para o desenvolvimento de um conhecimento abrangente e detalhado sobre o tema proposto e ajudaram na estruturação do trabalho. A RSL desempenhou um papel fundamental na aquisição do conhecimento necessário para a aplicação dos princípios do LL em PME e microempresas.

A segunda etapa do projeto de dissertação envolveu um estudo de caso com a aplicação de ferramentas *Lean* numa microempresa familiar do setor da construção e procurou comprovar e avaliar o impacto de medidas do LL na redução dos seus desperdícios.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação é constituída por sete capítulos. No capítulo um estabelece-se a relevância do projeto de dissertação, explorando-se um breve enquadramento, delineando-se os objetivos, a metodologia e a sua estrutura.

No capítulo dois apresenta-se uma revisão da literatura, abrangendo uma análise do estado da arte em relação ao *Lean*, logística e sua aplicação em PME. O foco é na investigação do LL aplicado especificamente em PME.

No capítulo três descreve-se o procedimento utilizado na RSL, caracterizam-se os artigos estudados e sistematizam-se as barreiras, os FCS e as boas práticas associadas ao LL em PME, destacando como esses elementos contribuem para a redução de desperdícios. Também são mencionadas as barreiras e os FCS da I4.0 e da digitalização, e são estabelecidas as relações entre essas três metodologias: *Lean*, I4.0 e digitalização. Também é explorada a conexão entre o *Lean* e as práticas sustentáveis, o conceito *Lean*-green.

No capítulo quatro, apresenta-se a empresa em estudo, uma PME de construção, incluindo os materiais que usa e os seus *stock* existentes, bem como os seus fornecedores e o *layout* do armazém atual.

No capítulo cinco apresenta-se o processo produtivo da empresa no armazém, ou seja, como aconteciam as cargas e descargas, bem como as ineficiências e problemas encontrados.

No capítulo seis sugerem-se as propostas de melhoria para acabar com as ineficiências encontradas.

No capítulo sete elaboram-se as conclusões, apresentam-se as dificuldades encontradas durante o projeto de dissertação e são propostos trabalhos futuros.

2 Contextualização teórica

Neste capítulo, explora-se a essência do *Lean* e a sua aplicação em PME. Inicialmente discute-se as características fundamentais do *Lean* e a sua relevância para as PME, destacando a necessidade de eliminar desperdícios e melhorar processos para aumentar a eficiência operacional e a competitividade. Em seguida, apresenta-se uma síntese das ferramentas *Lean* mais relevantes, fornecendo aos gestores uma compreensão clara das estratégias disponíveis para implementar o *Lean* nas suas empresas. Além disso, analisou-se o papel crucial da logística nas CA, evidenciando como a sua gestão eficaz é essencial para o sucesso da implementação do *Lean*. Por fim, exploram-se as particularidades das PME na implementação do *Lean*, destacando os desafios específicos que essas empresas enfrentam e as estratégias adaptadas necessárias para alcançar resultados positivos.

Este capítulo oferece uma visão abrangente das estratégias necessárias para maximizar os benefícios do *Lean* em PME, enfatizando a sua relevância para a diminuição do consumo de recursos e eficiência operacional potencializando o lucro.

2.1 Características do *Lean*

Diversas empresas iniciaram projetos para introduzir os métodos *Lean* na produção, visando reduzir os processos que não acrescentam valor e alinhar o fluxo de valor com as necessidades do cliente (Rauch et al., 2017).

O *Lean manufaturing* (LM), foi concebido para diferenciar o TPS como uma nova organização de produção que minimiza: erros, custos, *stock*, mão-de-obra, processos necessários ao desenvolvimento, dimensão da área de produção, resíduos e principalmente as insatisfações do cliente (Womack et al., 1990).

O TPS surgiu após a visita dos donos da empresa japonesa *Toyota Motor Company*, à unidade fabril da Ford, nos EUA. Embora a Ford fosse uma fábrica pioneira nos sistemas de produção em série desde meados do século XX, esse processo não era suficientemente rentável para a Toyota. Diante da escassez de recursos humanos, materiais e financeiros que o Japão enfrentava no pós-guerra, a Toyota procurou não só a rapidez dos sistemas em série da Ford, mas acrescentou também eficiência nos seus processos produtivos ao longo da sua CA, garantindo vantagens competitivas face a outras empresas rivais. A Toyota tornou-se assim, uma empresa líder mundialmente em práticas de negócio de sucesso, desde os anos 50. A produção *Lean* surgiu do TPS sendo expandida por toda a CA (Womack et al., 1990).

Na visita à Ford, os criadores do TPS identificaram diversos desperdícios, incluindo a alocação de mão-de-obra e ferramentas num único posto de trabalho e longos tempos de configuração das máquinas. Observou que os custos de *stock* eram consideráveis e que o sistema da Ford operava por meio de produção para *stock*, gerando problemas de qualidade, refugos e retrabalho. Com base nessas observações, desenvolveram técnicas para eliminar etapas na criação de um produto onde nenhum valor é adicionado. Essas técnicas foram posteriormente aplicadas e padronizadas noutros ambientes de LM (Paladugu & Grau, 2019).

O TPS pretendia eliminar os 3M: *muda* (desperdício), *mura* (variações) e *muri* (sobrecargas). *Muda* representa o desperdício, como quando o trabalho é realizado por mais pessoas do que o necessário. *Muri* refere-se a uma sobrecarga, quando o trabalho é realizado por menos pessoas do que o necessário. *Mura* refere-se a um trabalho irregular, com má distribuição de tarefas, alternando entre momentos de *muri e muda* (Liker, 2005).

2.1.1 Desperdícios *Lean*

Existem 7 desperdícios na base do *Lean*, concretamente (Jones, 1997):

1- A produção em excesso, quando os bens produzidos ainda não foram encomendados, a produção está a ser feita sem ter em conta as variâncias da procura, o que pode gerar grandes quantidades de sucata caso a procura diminua, além disso os bens produzidos elevam os custos de *stock* pois precisam de ser armazenados até serem vendidos;

2- A espera, é um tempo produtivo desperdiçado e que pode, em casos extremos, colocar em causa a fluidez de toda a CA e originar atrasos nas entregas dos produtos aos clientes;

3- Retrabalho, é a retificação de erros, pode gerar atrasos na produção, e representa custos maiores em mão de obra e materiais;

4- Processamento em excesso, para além de serem atividades que podem gerar atrasos, levam também ao aumento no gasto de materiais e de mão-de-obra;

5- Excesso de movimentações, a simples movimentação com alteração do local onde está o *stock* não acrescenta valor ao produto;

6- Transporte, originando tempo desperdiçado, e maiores gastos de mão-de-obra e de combustível;

7- Excesso de *stock*, é causado tanto pelos bens produzidos ainda não encomendados, como também pela encomenda exagerada de matéria-prima e que aumenta os custos de armazenamento.

Posteriormente, foi reconhecido um oitavo desperdício: o subaproveitamento do conhecimento intelectual de uma pessoa, considerando que os funcionários são ativos valiosos para a empresa (Liker, 2005).

Foram também acrescentados aos sete desperdícios do muda, a energia desperdiçada e a política de resistência à mudança (Mofolasayo et al., 2022).

A organização eficaz das etapas de um processo produtivo procura diversas práticas fundamentais (Duman et al., 2018):

- O nivelamento do fluxo de pedidos e de trabalho com o objetivo de eliminar a discrepância na procura;

- A normalização do trabalho usando documentação de suporte, ao indicar as melhores práticas e o tempo necessário para concluir cada tarefa. A normalização proporciona ao trabalhador um maior controlo do trabalho e um maior envolvimento, autonomia, motivação e redução do *stress*;

- A aplicação de manutenções preventivas em máquinas e equipamentos prolongando as suas vidas úteis e ao mesmo tempo fazendo com que haja menos falhas e paragens não programadas.

- A padronização e minimização do *stock* de segurança de produtos intermédios minimiza os gastos com o armazenamento de materiais, e assim disponibiliza maior capital para investimento noutras áreas da empresa;

- O registo de irregularidades com o intuito de tornar os problemas não recorrentes, aprendendo como fora solucionado um problema semelhante antes e a sua causa-raiz;

- A utilização de *design* experimental, para evitar problemas idênticos no futuro, tendo em conta os projetos anteriores e os seus critérios de validação;

A prática de produção equilibrada (*Heijunka*) ao nivelar em determinado tempo, o tipo e a quantidade do que se está a produzir, permite cumprir a procura dos clientes com eficiência e, reduz os custos de investimento, os *stock,* e os tempos de fluxo de mão-de-obra e produção em todo o fluxo.

2.1.2 Síntese de algumas ferramentas *Lean*

São várias as ferramentas *Lean*, neste subcapítulo apresentam-se de forma resumida algumas que são as utilizadas com maior frequência na literatura de PME.

- ***TaKt-time***

O *One Piece Flow,* que o *Lean* defende, realiza uma atividade de cada vez e sem paragens, adequando-se à velocidade do ***taKt-time***. O *take-time* a velocidade que deve ser realizada a produção de uma peça para que se possa responder à procura sem excessos. O *take-time* é calculado pela equação (1): divisão do tempo disponível de produção (min) pela procura (nº de peças), satisfazendo as necessidades do cliente (Ani, 2012).

$$take\text{-}time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ produção\ (min)}{Procura\ (nº\ peças)} \quad (1)$$

A autonomia das máquinas (*Jidoka*) consiste em conceber às máquinas autonomia, permitindo que operem independentemente e parem em caso de defeito, através de uma automatização parcial (Romero et al., 2019).

- ***Poke-Yoke***

O sistema *Poke-Yoke* procura eliminar erros humanos ao utilizar sensores que evitam a colocação inadequada de peças. Recorre a sistemas de sinalização luminosa ou sonora (*Andon*), para alertar funcionários sobre erros. Este sistema permite a um funcionário controlar mais que uma máquina em simultâneo (Hoellthaler et al., 2018).

- **5S**

A aplicação da política dos 5S, refere as palavras japonesas: *Seiri* (classificação), *Seiton* (Ordenação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (autodisciplina), visam melhorar a eficiência e a segurança no local de trabalho de cada funcionário. Segundo CIL (2020) na fase de classificação (Seiri), realiza-se a separação pela importância de cada item partindo do bom senso de utilização. Os itens mais frequentemente utilizados são posicionados mais próximos, e aqueles sem utilidade são eliminados para otimizar os recursos disponíveis. A ordenação (Seiton) facilita a visualização e a padronização, por meio de identificações, evitando perdas de tempo na busca por materiais e melhorando o controle de *stock.* A etapa de limpeza (Seiso) é implementada para promover um ambiente de trabalho organizado, reduzir a necessidade de manutenção em equipamentos e prevenir acidentes. Quanto à padronização (Seiketsu), é o estabelecimento e manutenção de padrões para garantir condições físicas e mentais adequadas dos trabalhadores, abrangendo aspetos como higiene, ergonomia e a disponibilidade de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários. Já a autodisciplina (Shitsuke) dos colaboradores incentiva a continuidade da prática dos princípios dos 5S. Essa abordagem visa criar uma cultura de melhoria contínua e a adoção permanente das práticas de organização e eficiência no ambiente de trabalho (CIL, 2020).

A rotação do trabalho (*Shojinka*) capacita cada pessoa a realizar diferentes atividades dentro da empresa facilitando a adaptação a variações na produção de acordo com as necessidades do momento (CIL, 2020).

- **Sistema *pull***

A adoção de um *sistema pull* recorrendo a um sistema *Just in Time* (JIT) realiza apenas o que é procurado pela etapa seguinte, produzindo na quantidade pedida pelo cliente no tempo certo, ou seja, operando ao ritmo da procura do cliente (CIL, 2020).

A Figura 2, esquematiza uma produção *pull*, ou seja, que é acionada pela procura do cliente final, que gera um pedido (D). Este pedido desencadeia o fluxo de informações de produção no sentido inverso à produção, através das etapas 4, C, 3, E, 2, A, 1, até chegar ao fornecedor de matéria-prima. Cada uma dessas etapas representa determinado processo específico de produção. À medida que as informações de produção são enviadas, também são controladas para garantir que cada processo produz apenas o que é necessário, quando for necessário.

O fluxo de produção é no sentido oposto ao das informações, desde o fornecedor até o cliente final, garantindo que a produção se sincroniza com a procura real. Assim, o sistema *pull* minimiza os desperdícios, reduz os *stock* intermédios e finais. É de destacar a importância da comunicação clara e da coordenação ao longo de toda a cadeia produtiva (Rajab et al., 2022).

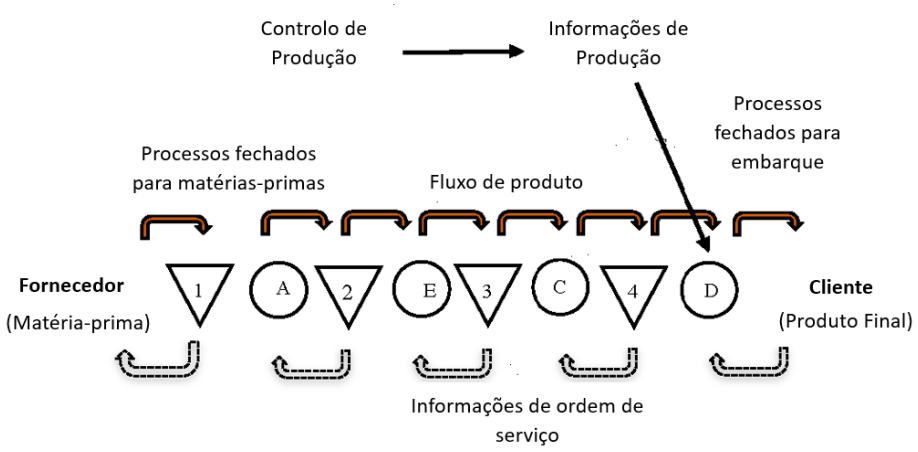


Figura 2 – Sistema Pull (Adaptado de Rajab et al., 2022).

- ***Kanban***

Este sistema de planeamento de produção e de matéria-prima comprada com base nas necessidades (*Kanban)* tem como objetivo colocar a matéria-prima ou o material no local e tempo correto, porém mantendo os níveis de *stock* baixos. Para isso utilizam-se as fórmulas (2), (3), e (4) para descobrir o valor de *Kanban* ideal, *Kanban mínimo* e o *Kanban* máximo, para que o sistema funcione (CIL, 2020).

Nº *Kanban* = $$A \times \frac{[C+1]}{B} \times \frac{D}{E} \quad (2)$$

Kanban min = $$\frac{\text{Nº uso diário}}{lote} \times SSR \quad (3)$$

Kanban máx = $$K\,min + \frac{Nº\ uso\ diário}{Lote * Nº\ remessas} \quad (4)$$

Incógnitas:
A- Nº de dias
B- Nº de viagens repetidas
C- Quantas remessas futuras após remessa
D- *stock* de segurança (horas)

E- Tempo Total de Trabalho
SSR- Índice de *stock* de segurança

Kanban é um sistema de informação em *JIT* que ocorre em sentido inverso á produção, e que permite controlar a quantidade, o tempo de produção e os *stock*, bem como identificar mais facilmente os problemas na produção e onde se geram resíduos. O *Kanban* usa, por exemplo, um fluxo de cartões do revendedor para a indústria principal, esta ao receber determinado cartão faz com que os cartões das matérias-primas necessárias flua para a subindústria, da subindústria para os seus fornecedores, e à medida que cada subindústria responde à necessidade da indústria subjacente pela produção e entrega da matéria-prima/material necessário, são acompanhadas as mesmas matérias com esses mesmos cartões, repondo o sistema até nova necessidade de material, repetindo-se o processo (CIL, 2020).

Com o *Kanban,* pode existir um supermercado, que é um local com *stock* controlado de peças intermédias, que garante a procura do cliente enquanto se programa a produção das peças especificas pedidas, pois a procura a longo prazo é estável, mas pode ter pequenos picos e assim agrada-se o cliente, sem colocar em causa as ordens de fabrico dos vários componentes. Utiliza-se este método pois tem um custo menor, comparativamente a acumular *stock* de peças acabadas. Assim, é possível utilizar dois *Kanban* ao mesmo tempo, o *Kanban* pull que aciona o transporte das peças do supermercado e o *Kanban* produção que as produz (CIL, 2020).

- ***Single Minute Exchange of Dies***

O *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), que consiste na troca de ferramenta rápida ou parametrização de máquinas quando se muda o material a produzir e permite trabalhar com sistema JIT e pull, tornando o *lead time m*ais curto (CIL, 2020).

- ***Value Stream Mapping***

A utilização do VSM que é um mapa do fluxo de valor (exemplo no Anexo1) permite identificar todas as atividades, tanto as que acrescentam valor como as que não acrescentam, para que possa ser promovida a eliminação de atividades que não agregam valor. Este mapa, pode e deve ser acompanhado do tempo de ciclo (C/T) que é o tempo entre peças sucessivas e que permite identificar qual é o "*bootleneck"*, ou seja, o gargalo produtivo que é o ponto onde o nosso fluxo contínuo corre mais riscos de sofrer atrasos caso haja alguma anomalia pois é a tarefa mais demorada no processo e assim, atrasos nesta atividade vai gerar atrasos em todo o sistema. Cada atividade do VSM (Anexo1) inclui nas atividades que não acrescentam valor, os tempos de *setup*, os períodos necessários para preparar e ajustar as máquinas e equipamentos entre as diferentes produções, influenciando diretamente na eficiência e agilidade dos processos industriais. Com

todos estes valores associados ao VSM é possível calcular o *lead time* do processo. O *lead time* é o tempo desde o processamento do pedido até que o produto seja entregue (Ahmad et al., 2018).

- ***Overall Equipment Efficiency***

O *Overall Equipment Efficiency* (OEE) é uma taxa calculada que indica a performance e a eficiência de determinado processo, departamento ou máquina tendo em conta três rácios: a disponibilidade a performance e a qualidade conforme a equação 5.

$$OEE = Disponibilidade \times performance \times qualidade \quad (5)$$

O índice de disponibilidade é calculado pela razão entre o tempo disponível para a produção e o tempo programado. O tempo disponível para a produção refere-se ao período em que o equipamento está a se usado efetivamente, ou seja, exclui paragens programadas e não programadas. Assim, reflete a proporção de tempo que o equipamento está efetivamente produtivo em relação ao tempo total programado para a operação (Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2022).

O índice de desempenho é determinado pela divisão entre o tempo efetivo para a cadência produtiva e o tempo disponível para a produção. O tempo efetivo para a cadência produtiva considera o ritmo ideal de produção em condições ideais, enquanto o tempo disponível para a produção é o período em que o equipamento está em uso. Esse índice mede a eficiência operacional do equipamento, comparando o ritmo real de produção com o ritmo teórico ideal (Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2022).

O índice de qualidade é calculado pela razão entre a produção efetivamente realizada e a produção prevista. A produção efetivamente realizada inclui apenas os produtos que atendem aos padrões de qualidade, excluindo os itens defeituosos. Este índice reflete a capacidade do processo de produção em gerar produtos que atendam aos requisitos de qualidade estabelecidos (Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2022).

- ***Gemba***

O Gemba é realizado para estudar o fluxo do processo de produção e operação padrão. No chão de fábrica é onde ocorrem os processos do fluxo de valor e onde podem surgir oportunidades de melhoria, assim a gestão de topo deve estar atenta a essas oportunidades, ao visitar frequentemente o chão de fábrica para observar as máquinas, equipamentos e dialogar com os operadores de cada posto de trabalho (*Gemba*). Permite identificar oportunidades de melhoria, eliminar desperdícios e otimizar o fluxo de trabalho ao identificar gargalos, poder ajudar a identificar preocupações, desafios e oportunidades de melhoria que podem não ser evidentes de outra forma e assim implementar mudanças no *Lean*, bem como, mostrar aos funcionários a sua envolvência com o *Lean* (Azizi & a/p Manoharan, 2015).

- ***Kaizen***

Kaizen é a constante procura pela melhoria contínua foi uma prática adotada, visando agregar mais valor ao fluxo de valor ou reduzir o desperdício. Todos os funcionários são envolvidos nesse processo, e são incentivados a serem criativos e participativos nos respetivos postos de trabalho e apresentarem ideias à chefia para aprimorar o processo geral. Reconheceu-se que nenhum indivíduo está mais ciente das potenciais melhorias numa estação de trabalho que o próprio trabalhador dessa estação. *Kaizen* procura a melhoria continua e é de implementação de baixo custo e risco (Moore, 2006).

- ***Plan – Do – Check – Act***

O ciclo *Plan – Do – Check – Act* (PDCA) localiza os problemas, planifica a ação, executa-a, e verifica se a ação funcionou de acordo com os indicadores e em caso afirmativo padroniza a ação, caso contrário aplica uma ação corretiva, e logo de seguida volta a tentar localizar novos problemas (Kumiega, 2008).

- ***Milk-run***

O conceito de *Milk-Run* é o movimento cíclico de veículos, foi implementado pelos fabricantes de automóveis para recolher a produção desejada de diversos fornecedores. Esse sistema utiliza rotas predefinidas em escala geográfica e temporal, alinhadas com as necessidades e proximidades dos fornecedores. A prática reduziu custos de transporte e armazenamento interno de *stock* em comparação com um sistema que recolhe individualmente de cada fornecedor. A analogia com o termo "Milk-Run" refere-se ao sistema em que um veículo recolhe leite de várias fazendas para leiteiras, exigindo que os produtores cumpram horários específicos para vender o seu leite (Gyulai, 2013).

O conceito Milk-Run pode ser adaptado para recolher e entregar materiais de fornecedores entre diferentes locais dentro da mesma empresa de uma maneira eficiente e programada ao selecionar rotas específicas que são percorridas regularmente por um veículo em intervalos de tempo fixos para recolher ou entregar materiais em vários pontos ao longo do percurso conforme as necessidades. Assim, melhora o fluxo de materiais, otimiza os veículos e reduz os custos ao reduzir *stock* e assim também reduz o tráfego e emissões de gases (Dóra Horváth, 2019; Iyer, 2009).

- ***Crossdocking***

O sistema de *Crossdocking* desempenha um papel integrador ao movimentar produtos de maneira a eliminar etapas que não agregam valor, evitando a manutenção de *stock* em armazéns por meio da transferência direta de produtos de camião para camião, muitas vezes com envios cruzados. Essa abordagem é crucial para assegurar a eficiência do fluxo de produtos nos centros de distribuição, sendo fundamental um sistema de informações robusto, em conjunto com pré-

etiquetagens por parte dos fornecedores. O *Crossdocking* permite que os produtos fluam de maneira mais eficiente nos centros de distribuição (Wall, 2003).

A escolha do tamanho do veículo a ser utilizado pode variar dependendo do volume de mercadoria a ser expedida, sendo possível optar por um camião completo (*Truckload* - TL) ou um menor (*Less Than Truckload* - LTL). Usa-se o TL quando a quantidade a ser enviada ocupa grande parte da capacidade do veículo, possibilita uma entrega mais rápida e com menor probabilidade de danos ou perdas, visto que faz menos paragens. Em situações em que a quantidade de mercadoria é menor do que a capacidade do veículo, justifica-se a utilização do LTL para obter custos de transporte mais baixos, uma vez que é alugada apenas a área ocupada no caminhão de uma empresa de transporte. No LTL, a carga é misturada com outras cargas, podendo ter várias alocações, o que resulta num maior tempo de entrega final e aumenta os riscos de perda ou danos (Suleyman Karabuk, 2007)

Tabela 1 - Diferenças entre camião para carga completa ou menor.

	***Truckload* – TL**	***Less Than Truckload* – LTL – Pouca mercadoria**
stock para envio	Alto	Baixo
Preço do transporte	Alto	Baixo
Velocidade do transporte	Alta	Baixa
Probabilidade de fuga ou dano	Menor, pois faz poucas paragens	Maior, devido às paragens para descarga

As técnicas *Lean* levaram ao ajuste dos tamanhos das máquinas, armazéns e sistemas em relação ao fluxo de processo, concedendo-lhe um novo *layout* (Papetti et al., 2016).

2.2 Logística e a sua função na cadeia de abastecimento

O LM expandiu-se para além da produção, dando origem ao LL, uma abordagem inovadora que aplica os mesmos princípios *Lean* à gestão de cadeias de abastecimento e às operações logísticas. Diante da crescente complexidade das operações logísticas num ambiente globalizado e competitivo, a eliminação de desperdícios torna-se imperativa para alcançar vantagens competitivas. O LL pretende reduzir ineficiências, eliminar gargalos nos fluxos, melhorar a flexibilidade e aumentar a eficiência em toda a CA (CIL, 2020).

A história do LM está na base teórico-prática para a implementação do LL. O LL enfrenta desafios específicos da Logística, como gestão de *stock,* planeamento da procura e coordenação do transporte. A logística, como parte integrante da CA planeia, implementa, controla e armazena mercadorias, serviços e informações relacionadas, e tem um papel crucial na entrega do produto

certo ao cliente, no momento e local corretos e pelo menor custo possível (Bowersox, 1997). O LL visa atender às expectativas dos clientes eliminando desperdícios no fluxo de produção (Bhasin, 2006).

O conjunto de etapas de uma CA, segue uma sequência em cadeia, que se inicia ao adquirir a matéria-prima e termina com a entrega no cliente, nomeadamente: fornecedor – produtor – distribuidor – comerciante – cliente. Esta cadeia também pode estar em forma de rede (Figura 3), ou seja, um produtor pode ter vários fornecedores de matéria-prima, assim como pode ter vários distribuidores, e estes por sua vez, entregarem a venda a vários comerciantes (CIL, 2020).

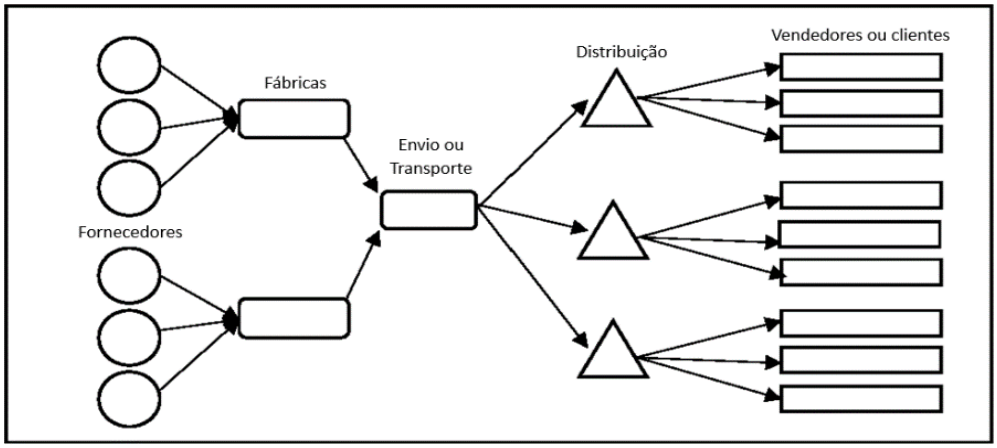


Figura 3 - Sequência de uma CA (adaptado de Cil,2020).

A Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA) engloba um conjunto de processos que integra todos os elementos necessários para cumprir os requisitos finais do produto. Esses processos incluem atividades de produção e montagem, armazenamento, controlo de *stock*, gestão de pedidos, distribuição e entrega do produto ao cliente final. Desde a aquisição de matérias-primas até à utilização de sistemas de informação para monitorizar todas essas atividades, a GCA visa fornecer materiais e componentes de alta qualidade a preços competitivos (Basu, 2011).

A complexidade da CA aumenta a necessidade de partilha de informação e de uma integração eficaz para tomadas de decisão rápidas e eficientes. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) desempenham um papel crucial nesse contexto, permitindo o fluxo adequado de informação entre os elementos da CA. Empresas que investem e utilizam TIC obtêm uma vantagem competitiva em relação ao planeamento, gestão de materiais e *stock*, transporte, armazenamento e, principalmente, no atendimento oportuno dos pedidos dos clientes (CIL, 2020).

A logística empresarial abrange e conecta todos os elementos da CA desde o ponto de origem até ao consumidor final, e assim engloba todo o canal de distribuição ao organizar atividades de forma integrada e não como um conjunto de empresas independentes, conforme a Figura 4. Assim, otimiza o desempenho e confere competitividade à empresa englobando diversas áreas, sendo notáveis na logística empresarial a logística de mercados e a logística de produção. A logística

de mercados ocorre entre a empresa e os seus fornecedores de matérias (logística de abastecimento) e entre a empresa e a distribuição dos seus produtos (logística de distribuição). Já a combinação entre a logística de abastecimento e a logística de produção formam a logística de materiais, que é a logística que controla os materiais até ao ponto de consumo fazendo com que estejam no momento certo e nas quantidades necessárias para a produção.

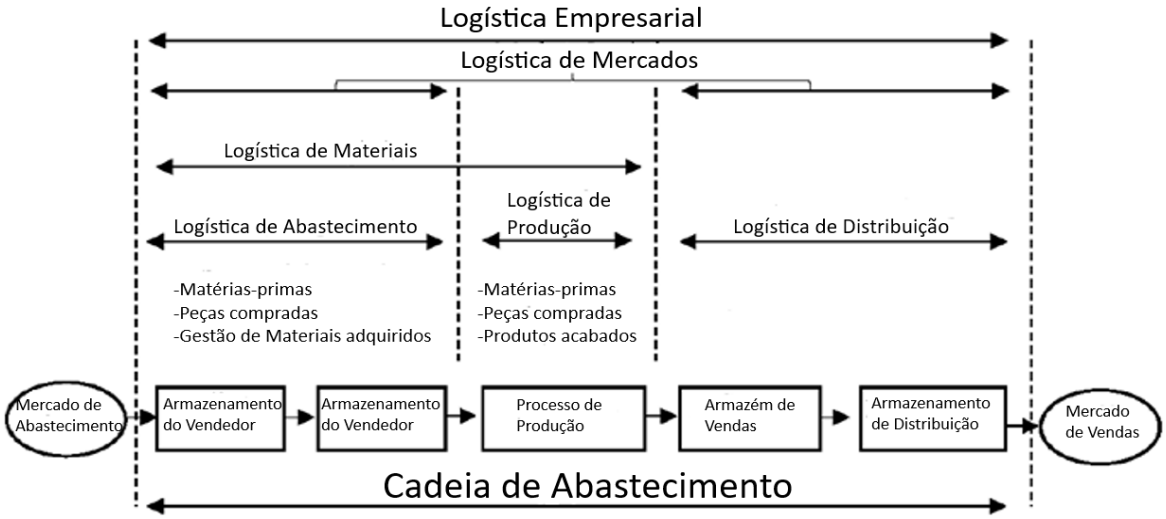


Figura 4 - Diferentes tipos de logística numa CA (adaptado de Cil,2020)

A logística pode ser subdividida em logística interna, das relações com clientes e as estratégias de terceirização, logística de terceiros (3PL) envolvendo a colaboração com agentes logísticos para otimizar operações e serviços (CIL, 2020).

A logística estende-se para áreas como a da informação e a dos resíduos industriais. As suas atividades incluem previsão, planeamento, organização, coordenação e controlo, sendo crucial para que uma empresa se adapte eficazmente às variações do mercado, relacionadas à qualidade, preço, prazos ou serviços, garantindo assim o sucesso a longo prazo da empresa (CIL, 2020).

A abordagem do LL expande essa gestão logística para toda a CA integrando fornecedores e clientes para aprimorar a competitividade empresarial. Os conceitos de LM, podem ser aplicados com influência na parte logística, ou seja, para efetuar melhorias nos processos logísticos (Paul-Eric et al., 2020).

Por exemplo, o *Kaizen* incentiva os funcionários a identificar e eliminar desperdícios em todos os aspetos logísticos e a padronização de processos para garantir consistência e previsibilidade (CIL, 2020).

A aplicação do JIT (*Just-in-Time*) na logística, otimiza a eficiência nos processos de armazenamento, movimentação e distribuição de materiais, ao reduzir os *stock*. Isso ocorre porque

os materiais são recebidos e movimentados conforme a procura, o que diminui os custos de armazenamento e libera capital para reinvestimento (CIL, 2020).

Poke-Yoke no LL ajuda a evitar erros ou defeitos nos processos, com sensores para garantir que os produtos certos sejam selecionados durante o processo de picking ou na padronização de processos logísticos para minimizar a possibilidade de erros (CIL, 2020).

No LL, os 5S são uma ferramenta valiosa para promover a organização, a eficiência e a segurança nas operações bem como contribuir para um ambiente de trabalho mais produtivo e uma CA mais eficiente. *Seiri* para eliminar itens desnecessários nos armazéns e nas áreas de trabalho como *stock* obsoleto, materiais danificados ou não utilizados com objetivo de libertar espaço útil. E para rotular com clareza os itens com locais designados para o seu armazenamento, e através dessa fácil localização o acesso aos materiais torna-se rápido (CIL, 2020).

2.3 Pequenas e médias empresas

PME são unidades económicas muito importantes pois geram empregos, valor agregado, inovação e competitividade e são subdivididas em micro, pequena e média empresa tendo em conta o seu número de efetivos, o volume de negócios anual e o balanço total anual de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios para ser uma PME na EU adaptado de (*Saiba Que Critérios Definem Uma PME*, 2022)

Empresa	Efetivos	Volume de negócios anual	Balanço Total Anual
Micro	<10	≤ 2 Milhões de euros	≤ 2 Milhões de euros
Pequena	<50	≤ 10 Milhões de euros	≤ 10 Milhões de euros
Média	<250	≤ 50 Milhões de euros	≤ 43 Milhões de euros

Para pertencer aos quadros são analisadas as relações com outras empresas principalmente as relações financeiras, podendo não obter o estatuto de PME, pois depende se a empresa é autónoma, parceira ou associada de acordo com a percentagem de capital ou direitos de voto que tem em relação a outra empresa, ou outra empresa em relação a si. A empresa pode continuar a ser considerada autónoma mesmo que detenham mais de 25% do seu capital ou direito de voto se os investidores associados a esses 25% forem sociedades públicas de participação ou de capital de risco, universidades ou centros de investigação sem fins lucrativos, investidores institucionais e autoridades locais com orçamento anual inferior a 10 milhões de euros e com menos de 5000 habitantes (Saiba Que Critérios Definem Uma PME, 2022).

Uma PME tem maior dificuldade de obter capital ou crédito, principalmente no seu arranque, pois tem poucos recursos, assim a abordagem *Lean* na eliminação de desperdícios pode ser vital para as PME obterem sucesso num ambiente de mercado dinâmico

Em 2012, as PME compunham 99,8% de todas as empresas na EU, totalizando aproximadamente 22,8 milhões de empresas que empregavam quase 67

67,1% do número total de funcionários. As PME desempenham um papel fundamental na economia, sendo responsáveis por mais de 67% do emprego total na Europa em 2012. A introdução de métodos *Lean* nos departamentos de engenharia dessas empresas serviu como alavanca para a eficiência operacional, ao mesmo tempo em que promoveu a inovação (Rauch et al., 2017).

As PME produzem por norma mais produtos individualizados que as grandes empresas, e assim torna-se mais difícil padronizar quando o lote de produção é baixo, assim o custo-benefício da aplicação do LM pode ser desfavorável, com custos associados e sem ter certeza do retorno (Hoellthaler et al., 2018).

3 Procedimento para a revisão sistemática da literatura

Este capítulo apresenta-se o procedimento utilizado para a RSL na elaboração do projeto de dissertação.

3.1 Revisão Sistemática da Literatura e benefícios

A RSL é uma metodologia que localiza os estudos existentes, faz análise e simplifica os dados ao usar uma estratégia pré-planeada de pesquisa e aglomera as conclusões de diferentes estudos permitindo obter maior desenvolvimento e conhecimento por qualquer estudo individual, e assim facilita as conclusões do investigador (Thomé, 2016).

Uma RSL normalmente é menos dispendiosa do que uma nova pesquisa, pois permite reduzir a escala da informação, e integra-a para a pesquisa e tomada de decisão. Reagrupa resultados semelhantes de diferentes populações ou intervenções, permite a avaliação contínua das relações entre variáveis, evidencia e explica inconsistências e contradições em dados de um mesmo assunto, e aumenta o poder estatístico e a precisão na estimativa de erros estatísticos (Thomé, 2016).

Os passos da metodologia utilizada para se fazer a RSL são (Denyer, 2009):

1- Formular a questão de investigação;
2- Localizar os estudos;
3- Selecionar e avaliar os estudos;
4- Sintetizar e analisar;
5- Apresentar e interpretar resultados.

Concretamente no estudo de caso tem-se:

1- Questão de Investigação:	Como o LL afeta pode reduzir os custos em PME?
2- Localizar estudos (artigos científicos):	Science Direct
3- Selecionar e avaliar por título, resumo ou palavra-chave:	: "*Lean*" and "SME"; "*Lean*" and "small enterprise" "*Kanban*" e "SME"; "VSM" e SMEs"; "*Lean*" and "SMEs" and "profit"; "*Lean*" and "small" and "enterprise" Título: "*Lean logistics*"
Exclusões:	- Artigos não disponíveis para download;

		- Artigos repetidos
Total de artigos estudados:		206 artigos, 98 com acesso livre, com exclusão de repetidos resultaram 65 artigos estudados.
4-	Analisar e sintetizar:	Efetuada no Excel, palavras-chave, ano de publicação, objetivo, setor de atividade, dimensão da(s) empresa(s) estudada(s), Ferramenta(s) *Lean* estudada(s), Ferramenta mais fácil de ser implementada, Lições aprendidas, Estudos a realizar.
5-	Interpretar resultados da implementação do *Lean* em PME:	Barreiras e falhas, FCS, Ferramentas *Lean* mais usadas e fáceis de implementar em PME; Barreiras e FCS da implementação da I4.0 em PME; Dificuldades e vantagens da implementação da digitalização em PME.

O *Lean* é um conceito recente, só existindo artigos sobre a sua implementação a partir das décadas de 80 e 90. Além disso, o *Lean* ligado às PME só tem registos bastantes anos mais tarde, a partir de 2013.

3.2 Caracterização dos estudos

Da RSL resultou um conjunto de artigos que permitiu realizar uma análise quantitativa. Com esta abordagem determinou-se uma percentagem de artigos com base em diversos critérios, como, palavras de pesquisa que surgiam nos artigos quer no título, no resumo ou nas palavras-chave.

As palavras-chave mais frequentemente utilizadas pelos autores, o ano de publicação, a relevância para PME, o setor da indústria abordado, as ferramentas *Lean* discutidas em cada artigo e até mesmo o continente de origem do estudo.

Na fase inicial da pesquisa (Figura 5) o foco foi o número de artigos identificados através das palavras utilizadas no estudo. Essas palavras foram encontradas nos títulos, resumos ou em termos-chave fornecidos nos artigos analisados. Esta pesquisa resultou num total de 206 artigos.

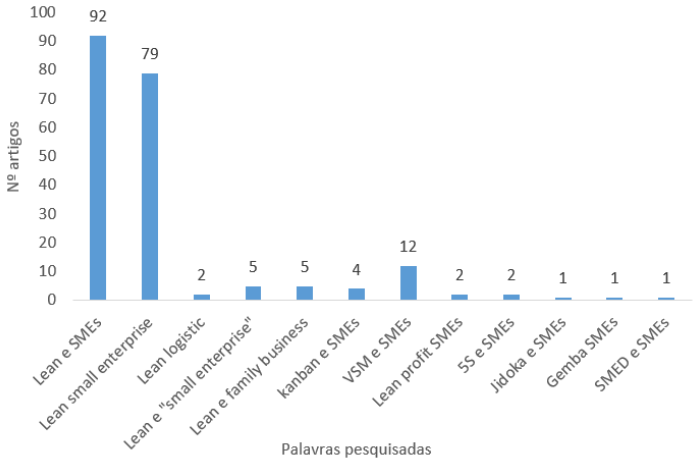


Figura 5 - Número de artigos por palavras pesquisadas.

Dos 206 artigos inicialmente identificados, somente 98 tinham acesso livre para *download*, representando aproximadamente apenas 48 % do total de artigos iniciais.

O maior número de artigos disponível está nas palavras procuradas "*Lean* e SME" com um total de 43 artigos. Aumentando o número de restrições sob forma de palavras-chave o número de artigos diminuiu concretamente 35 artigos de *Lean* e *Small* e *enterprise* como 3 palavras independentes, já se forem as palavras "*Lean*" e "*Small enterprise*" ou temas como a logística *Lean*, ou o *Lean* ligado a negócios de família apenas existem 2 artigos de cada, conforme a Figura 6.

PME traduzido para inglês é *Small and Medium Enterprise:* SME.

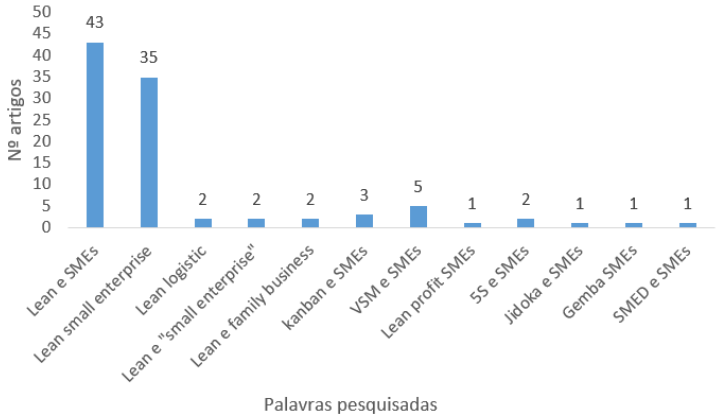


Figura 6 - Número de artigos no Science Direct com acesso livre.

LL só foi encontrado em 2 artigos o que dificultou o estudo por não haver publicações suficientes sobre esta área de pesquisa. O *Lean* é um conceito novo e em desenvolvimento em PME mesmo na parte produtiva que é de onde surgiu o conceito, assim os estudos são ainda abrangentes e superficiais e não aprofundados em áreas específicas como a da logística.

É importante referir, que "*Lean*" "*Profit*" e "SME" apenas são encontradas em simultâneo num único artigo.

Todas as ferramentas *Lean* foram pesquisadas em simultâneo com a palavra "SME" e essa pesquisa resultou em: VSM com cinco artigos relacionados, *Kanban* em três artigos, os 5S em dois artigos. As ferramentas *Jidoka*, *Gemba* e SMED resultaram em apenas um artigo cada, e ainda ferramentas como *Heijunka*, *Milk-Run*, *Crossdocking*, *Poke-Yoke* e *One piece flow* não foram encontradas em nenhum artigo que as relacionasse a SME.

Dos 98 artigos existiam alguns que estavam duplicados e foram excluídos. A maioria dos artigos duplicados encontrados estavam na pesquisa que referia "SME" ou "*small enterprise*" junto com o "*Lean*". Também existiam várias ferramentas mencionadas na pesquisa como os 5S, *Gemba* e SMED que estavam incluídas no mesmo artigo e assim aumentavam a quantidade de artigos repetidos na pesquisa. A pesquisa final ficou assim reduzida a 65 artigos (Figura 7).

Jidoka e *Kanban* tinham um artigo cada, e apenas o VSM tinha 3 artigos relacionados às PME. Este dado revelou que os estudos de *Lean* em PME permanecem pouco aprofundados, sendo uma área estudada com foco na sua generalidade e não numa ferramenta específica.

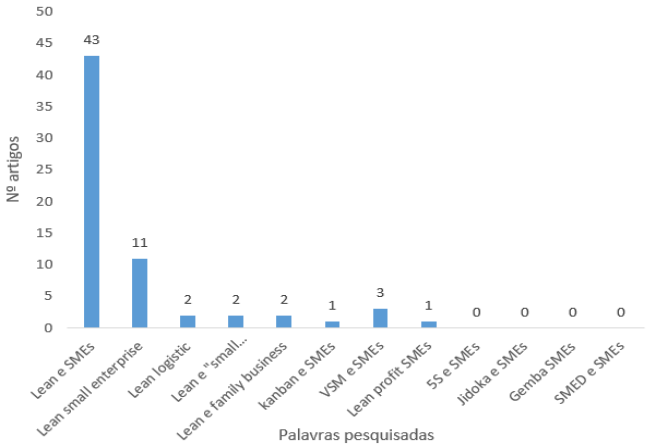


Figura 7 – Número de artigos do Science Direct com acesso livre e sem repetição.

Os primeiros estudos encontrados sobre a aplicação do *Lean* em PME datam de 2013 e mostram ser um tema relativamente recente, e também com pouco conteúdo existente. Em termos concretos da introdução do *Lean* numa PME e como isso influencia o seu lucro, ainda não existem estudos publicados.

A Figura 8 exibe o número de artigos publicados por ano. A análise sugere que o aumento na quantidade de artigos tem ocorrido de forma moderada. Destacou-se o ano de 2018 como aquele com o maior número de publicações na plataforma até à data. Este padrão também evidencia que o crescimento do tema não segue uma trajetória linear. Existe uma redução de publicações durante os anos de 2020 e 2021 que poderá ter ocorrido devido à pandemia do covid19, voltando a aumentar em 2022.

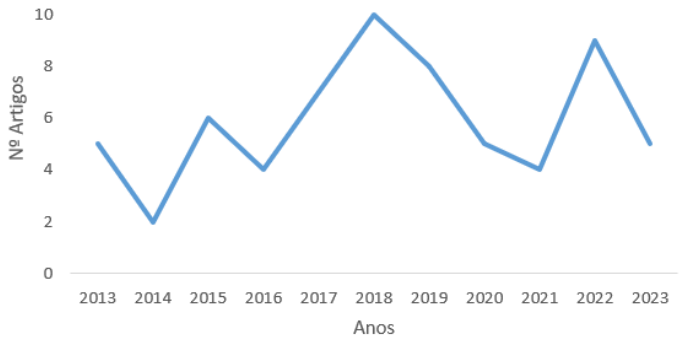


Figura 8 – Número de artigos da pesquisa, por ano de publicação.

De acordo com a Figura 9, a análise aprofundada dos artigos revelou que a base predominantemente teórica, representada por revisão da literatura, constituiu 66% do total de artigos.

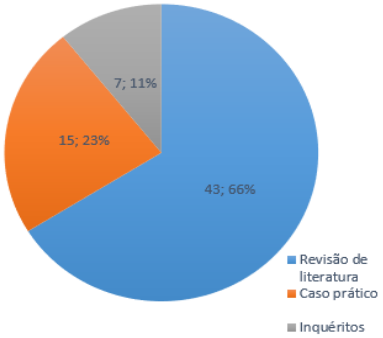


Figura 9 - Métodos de investigação.

A prevalência de trabalhos de caráter teórico, como revisões de literatura supera o número de estudos mais voltados para a prática, como levantamentos e estudos de caso e este cenário pode ser interpretado como um indício de que o domínio de pesquisa em questão encontra-se em estágio inicial, e carece de investigações de campo e relatórios provenientes da prática efetiva, também porque a base de dados utilizada é o *Science direct* que privilegia a investigação em fundamentos.

Há artigos que adotam inquéritos como método de investigação (11%). Essa abordagem reflete a procura por dados empíricos e a recolha de informações diretamente dos intervenientes, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada do nosso contexto. 23% dos artigos destacaram-se por apresentarem casos práticos, indicando uma aplicação real das teorias discutidas.

Dos 12 artigos, inicialmente fundamentados em revisão de literatura, evoluíram para o desenvolvimento de casos práticos e 5 dos artigos para inquéritos. Essa transição evidencia uma interconexão entre as abordagens teóricas e práticas, indicando uma dinâmica na qual a revisão de literatura serve como base para a posterior aplicação prática dos conceitos. Constata-se que 40% dos artigos focam-se exclusivamente na revisão de literatura, e 42% dos artigos tem um estudo de caso incluído (Figura 10).

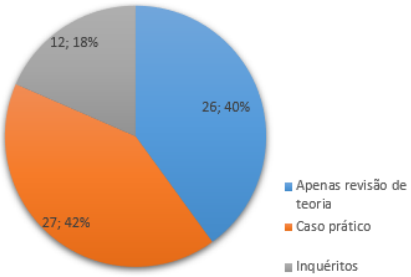


Figura 10 - Métodos de investigação com casos práticos.

A combinação de fundamentação teórica, inquéritos e casos práticos demonstra uma abordagem abrangente, que enriqueceu a compreensão do tema "*Lean* em PME" sob diferentes perspetivas metodológicas.

No contexto do projeto de dissertação, os artigos foram categorizados consoante os setores de atividade (Figura 11).

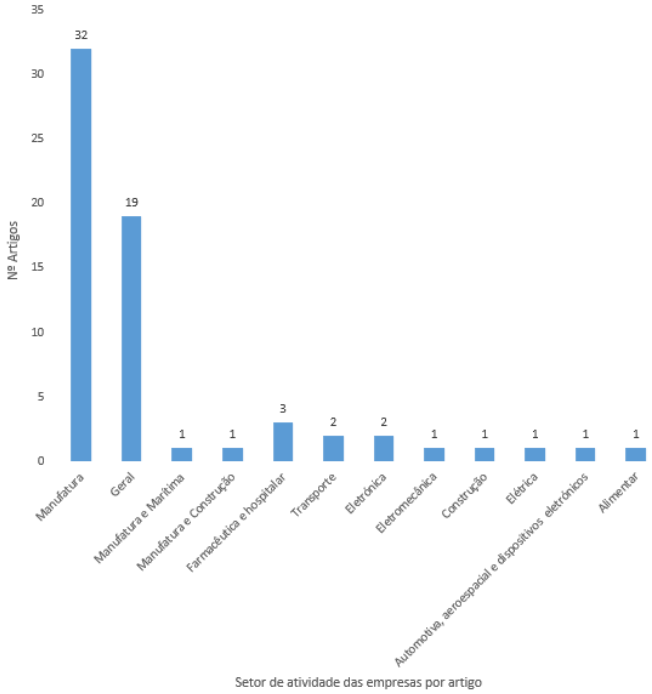


Figura 11 - Número de artigos por setor de atividade.

Dentro da amostra composta por 65 artigos, destacaram-se 32 especificamente para empresas inseridas no setor da manufatura. Adicionalmente, 19 artigos abrangem uma variedade de atividades, enquanto um único estudo abordou simultaneamente os setores de manufatura e setor marítimo. Observou-se, ainda, a representação de 3 artigos destinados às áreas farmacêuticas e hospitalares, 2 ao domínio dos transportes, e outros 2 à indústria eletrónica. Os restantes setores, como eletromecânica, construção, elétrica, automóvel e alimentar foram individualmente explorados num artigo cada. Este delineamento proporcionou uma visão aprofundada da diversidade de setores envolvidos nos estudos relativos à implementação de *Lean* em PME, elucidando as distintas aplicações e desafios inerentes a cada segmento.

É relevante salientar que, dentre os artigos analisados, 80% estão associados a empresas do setor de manufatura, e evidenciaram a proeminência e centralidade desta área de atuação. Este dado ressalta o foco dedicado à manufatura e assim indica a importância e a prevalência das investigações sobre a implementação de práticas *Lean* neste setor específico e mostra também a carência de estudos do *Lean* em PME de outros setores de atividade Figura 12.

Figura 12 - Percentagem de artigos relacionados a manufatura

Foram analisados 65 artigos, 49 deles são específicos para PME e representam 75% dos artigos (Figura 13). 13 dos 65 artigos abordam organizações de qualquer dimensão, e representam 20% do conjunto estudado. Há 3 artigos que se concentram em grandes empresas, apesar da delimitação inicial da pesquisa para PME.

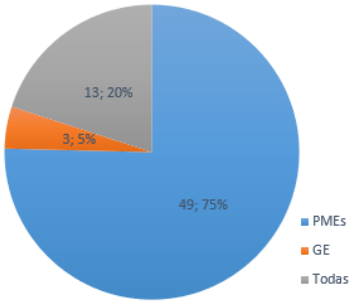


Figura 13 - Artigos por tamanho da empresa

Na Figura 14, destaca-se que 38 artigos discorrem sobre PME em geral, ou seja, sem especificar o país de origem e não foram consideradas neste gráfico

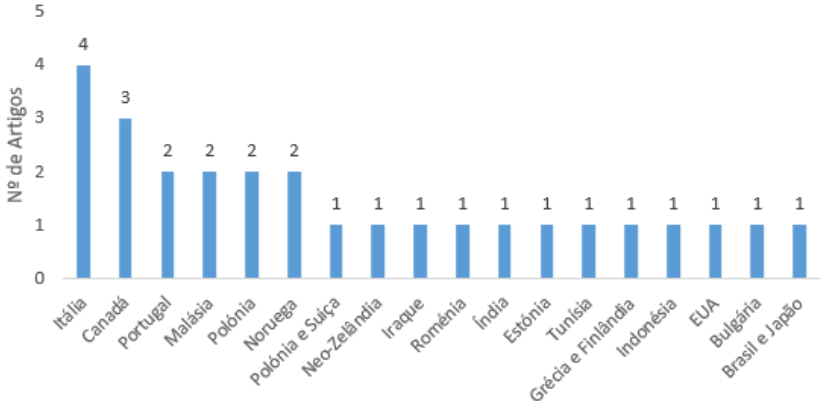


Figura 14 - Países das empresas estudadas dos artigos em estudo.

Itália é o país mais abordado quanto ao contexto *Lean* em PME com 4 artigos, o Canadá em 3, e a Polónia também em 3, sendo que um destes contempla não só empresas polacas, mas também suíças. Noruega, Malásia e Portugal apresentam 2 artigos cada, enquanto diversos países, tais como Nova-Zelândia, Iraque, Roménia, Bulgária, Índia, Estónia, Tunísia, Indonésia e EUA, são objeto de estudo em apenas um artigo cada. Vale destacar a existência de 2 artigos que se dedicam à comparação entre empresas de dois países distintos: um deles que explora as realidades das empresas japonesas e brasileiras, e outro que analisa as nuances entre as empresas gregas e finlandesas. Este panorama revela a diversidade geográfica da pesquisa sobre PME, até pela comparação entre as PME de um país desenvolvido como o Japão e um país em vias de desenvolvimento como o Brasil.

Ao analisarmos a distribuição dos artigos incluídos no nosso estudo por continentes (Figura 15), observou-se que a maioria deles está concentrada na Europa (15 artigos), com apenas um artigo abordando o tema na África.

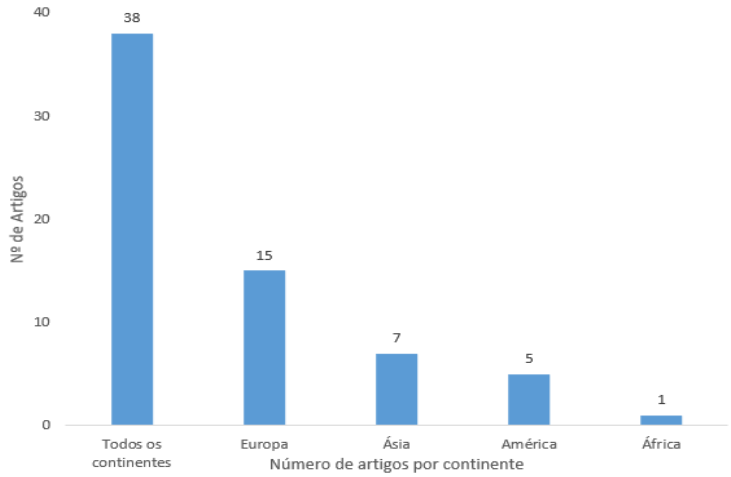


Figura 15 – Número de artigos com estudos nos continentes.

O facto de cerca de 15 artigos (23%) serem sobre países europeus sugere que o conceito do *Lean* em PME está mais difundido em países desenvolvidos do que em países em desenvolvimento.

Há 66 artigos identificados pois o artigo que compara empresas japonesas e brasileiras em termos de *Lean* foi classificado como pertencente a ambos os continentes, ou seja, está enumerado tanto nos artigos asiáticos como nos artigos americanos. Este mesmo artigo, indica que o *Lean* em PME está mais desenvolvido em países desenvolvidos (Japão) do que em países em desenvolvimento (Brasil), evidenciando contrastes notáveis nas prioridades e nas práticas entre as

empresas brasileiras e as japonesas, especialmente em adoção de metodologias *Lean* (Oliveira et al., 2018).

Enquanto as empresas japonesas se destacam na inovação e pela maturidade demonstrada no uso das metodologias *Lean-Green,* as empresas brasileiras concentram-se na gestão de recursos limitados. Essa disparidade revela diferenças na mentalidade empresarial e nas estratégias adotadas, mas também reflete as realidades económicas e ambientais distintas de cada país. Essa divergência também pode ser atribuída a diferenças na cultura organizacional e nas estratégias de negócios adotadas, com a cultura japonesa inclinada para a inovação e eficiência, enquanto as empresas brasileiras tendem a priorizar adaptabilidade e resiliência diante de recursos limitados (Oliveira et al., 2022).

Na análise dos artigos, conforme apresentado na Figura 16 e com base nas ferramentas estudadas, cerca de 17% direcionam as suas discussões para os FCS na implementação do *Lean* em PME. 13% exploram a conexão entre o *Lean* e a I4.0, e revelam o aumento da importância dessa integração. O uso do VSM é abordado em 11% dos estudos, e destacou-se assim como uma ferramenta analítica essencial na pesquisa.

Figura 16 - Ferramenta Lean estudada por artigo em percentagem.

Tanto as ferramentas *Lean* em geral, quanto a digitalização, são mencionadas em 9% dos artigos. Este fato ressalta a dualidade entre as práticas tradicionais *Lean* e a adoção de tecnologias digitais. Embora a logística seja abordada apenas em 2 artigos, um deles relacionado à I4.0 e o outro ao *Lean*, a sua presença destacou-se como fundamental nas discussões sobre otimização de processos. Mais uma vez, é importante referir, que nenhum dos artigos relacionou alguma ferramenta *Lean* aplicada numa PME que origine diretamente lucro.

Ferramentas específicas, como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Kanban, milk-run* e *Jidoka*, são mencionadas em menor frequência, porém, contribuem para enriquecer a compreensão das práticas *Lean* nas PME. Este cenário evidencia a importância atribuída aos FCS, à

interação entre o *Lean* e a I4.0, a aplicação prática do VSM, bem como a consideração das ferramentas *Lean* e a digitalização como elementos-chave na pesquisa sobre a implementação do *Lean* em PME. Essa diversidade reflete a amplitude e complexidade da abordagem à eficiência operacional nas PME.

3.3 Principais classificações da literatura

Procedeu-se a uma análise detalhada dos 65 artigos selecionados que proporcionaram uma visão abrangente sobre a implementação do *Lean* nas PME. A segmentação estratégica adotada organiza a discussão em sete secções principais e que refletem nuances cruciais dentro do âmbito da implementação do *Lean* em PME.

A abordagem segmentada deste capítulo visou proporcionar uma compreensão aprofundada das múltiplas facetas da implementação do *Lean* nas PME e de como a tecnologia inovadora da I4.0 e de sistemas digitais podem ser implementadas simultaneamente com o *Lean* e contribuírem para a sua implementação/evolução.

3.3.1 Barreiras na implementação do *Lean* em PME

Nesta secção, abordam-se as barreiras à implementação do *Lean* em PME. A análise comparativa permitiu destacar como diferentes especialistas enfrentaram e superaram esses desafios, e proporcionou uma compreensão holística das complexidades inerentes a esse processo, mostrando também quais as barreiras mais mencionadas na literatura.

O tamanho da empresa desempenha um papel crucial na implementação do *Lean*, com as PME a apresentarem critérios específicos que são também barreiras específicas à implementação do *Lean* (Moeuf et al., 2016).

Barreiras ao *Lean* são obstáculos que dificultam e limitam a sua implementação bem-sucedida. As PME, enquanto pilares do desenvolvimento económico, enfrentam uma concorrência global intensa, acompanhada por barreiras de gestão, técnicas, económicas e sociais. Barreiras técnicas e de gestão englobam a falta de compromisso da gestão de topo (GT), ausência de planeamento, falta de estratégia, especialização e de padronização, incompreensão do LM, falta de *know-how*, e falta de perspetiva estratégica. Barreiras económicas e sociais, refletem-se na carência de recursos e na resistência à mudança (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

A Tabela 3 aborda as barreiras encontradas na implementação do LM em PME estabelecendo uma relação entre a importância de cada uma e a sua recorrência na bibliografia estudada. A análise da bibliografia revelou 25 barreiras diferentes.

Tabela 3 - Barreiras do *Lean* em PME por artigos estudados

Nº artigos	Barreiras *Lean* em PME	Autores
4	Falta de planeamento	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Munteanu & Ştefănigă (2018), Sousa et al. (2018), Matt & Rauch (2013)
9	Falta de know-how	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Pearce et al. (2018), Antosz & Stadnicka (2017), Moeuf et al. (2016), Abdullah et al. (2023); Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017), Nunes (2015), Matt & Rauch (2013)
6	Falta de compromisso da Gestão de Topo	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Pearce et al. (2018), Antosz & Stadnicka (2017), AlManei et al. (2017), Matt & Rauch (2013), Alkhoraif & McLaughlin (2018)
2	Falta de perspetiva estratégica	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Moeuf et al. (2016)
7	Incompreensão do LM	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Pearce et al. (2018), Munteanu & Ştefănigă (2018), Antosz & Stadnicka (2017), Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017), Matt & Rauch (2013)
17	Recursos limitados	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Hoellthaler et al. (2018), Klimecka-Tatar & Ingal,di (2022), Sieckmann et al. (2018), Pearce et al. (2018), Alkhoraif & McLaughlin (2018), Munteanu & Ştefănigă (2018), Moeuf et al. (2016), Abdullah et al. (2023), Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017), Wang et al. (2022), Nunes (2015), Jituri et al. (2018), Kumar et al. (2018), Matt & Rauch (2013), Alkhoraif & McLaughlin (2018)
8	Resistência à mudança	Elkhairi, Fedouaki & Alami (2019), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Sieckmann et al. (2018), Pearce et al. (2018), Munteanu & Ştefănigă (2018), Antosz & Stadnicka (2017), AlManei et al. (2017), Sousa et al. (2018)
2	Falta de práticas padronizadas de implementação	AlManei et al. (2017), Matt & Rauch (2013)
2	Regulamentação excessiva	Sieckmann et al. (2018), Abdullah et al. (2023)
1	Tamanho e complexidade da produção	Sieckmann et al. (2018)
4	Especificidades tecnológicas	Sieckmann et al. (2018), Abdullah et al. (2023), AlManei et al. (2017), Kumar et al. (2018)
3	Falta de conhecimento da Gestão de Topo	Pearce et al. (2018); AlManei et al. (2017); Matt & Rauch (2013)
1	Dependência de funcionários	Pearce et al. (2018)
1	Demora no retorno	Alkhoraif et al. (2019)
1	Variações na procura dos seus produtos	Alkhoraif et al. (2019)
2	Falta de compromisso dos funcionários	Antosz & Stadnicka (2017), AlManei et al. (2017)
3	Estratégia de curto prazo	Moeuf et al. (2016), Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017)
1	Gestão local	Moeuf et al. (2016)
1	Exploração da cultura	Pearce et al. (2018)
1	Sistema de negócios	AlManei et al. (2017)
1	Recursos para consultoria	AlManei et al. (2017)
2	Falta de mão de obra qualificada	Kumar et al. (2018), Matt & Rauch (2013)

Nº artigos	Barreiras *Lean* em PME	Autores
1	Gestão ineficaz de inventário	Mourtzis et al. (2016)
1	Falta de participação do fornecedor	Mourtzis et al. (2016)
1	Falta de confiança em consultores externos	Matt & Rauch (2013)

Uma das barreiras mais importantes é a limitação de recursos. A estrutura de uma PME geralmente é mais tradicional e com desafios maiores causados pela falta de recursos em relação a mão-de-obra e a recursos financeiros (Pearce et al., 2018; Dóra Horváth, 2019).

Os recursos financeiros limitados e a falta de capital próprio podem originar a falência de uma PME (Frank et al., 2013). Esta barreira representa 20% de todas as barreiras mencionadas por diferentes autores nos artigos havendo muitos que a destacam e é também a barreira mais mencionada (Apêndice 1).

Muitas das ferramentas *Lean* carecem de investimento inicial e a possibilidade de rendimento futuro que possa advir dessa ferramenta é incerta e para além disso só possível de acontecer a médio/longo prazo. A falta de recursos humanos também leva a dificuldades na aplicação do *Lean* pois, não existe tempo disponível para que os trabalhadores se dediquem a aprender novos conceitos e a implementá-los. O tempo dos funcionários é escasso para realizar as suas funções habituais para cumprimento de requisitos e de prazos dos clientes do mercado atual. A falta de recursos humanos está conectada à falta de recursos económicos, pois caso estivessem disponíveis recursos económicos, contratar-se-iam novos colaboradores para que se aplicasse o *Lean* (Dhir et al., 2023).

O facto de os recursos serem escassos causa pressão para o retorno financeiro que originam com que haja ainda menos investimento (Dóra Horváth, 2019).

A falta de *know-how* é uma barreira que se refere à ausência de conhecimento prático e habilidades específicas para a implementação eficaz do *Lean*, como por exemplo a falta de experiência na aplicação das ferramentas *Lean*, ou a incapacidade de resolver problemas. Esta barreira representou 10% das citações encontradas nos artigos estudados.

A incompreensão do LM representa outros 10% das barreiras encontradas nos artigos estudados e te

Em relação com a falta de *know-how,* mas é algo diferente e que pode ser uma barreira independente, pois refere-se a uma falta de compreensão profunda do *Lean* e não na sua prática, ou seja, pode levar a implementações ineficazes mesmo que haja algum conhecimento técnico.

A resistência à mudança, dentro de uma PME, pode acontecer devido à cultura organizacional tradicional enraizada dentro de uma empresa. O *Lean* representa uma mudança do

hábito de trabalho que pode gerar desconforto e ansiedade nos funcionários, incluindo a GT. A resistência também pode surgir do histórico de mudanças mal implementadas e assim fazer com que os funcionários pensem que será apenas mais uma tentativa de mudança falhada, como também pode surgir da incerteza e o medo do desconhecido (Dóra Horváth, 2019).

A falta de compromisso da GT é outra das barreiras importante, pois uma GT com falta de foco na melhoria contínua, perde o foco da eliminação de desperdícios, não monitoriza nem avalia os resultados do *Lean* de forma correta e não alinha a sua implementação com os objetivos estratégicos da empresa, tornando-se assim numa iniciativa isolada. Esta barreira pode influenciar também o surgimento e aumento de outras barreiras pela falta de apoio e liderança, podendo não ser alocados recursos ao *Lean* ou os seus funcionários podem sentir-se desencorajados, pois a GT deve ser o exemplo a seguir dentro de uma empresa (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

Aproximadamente 50% das barreiras mencionadas nos artigos concentraram-se nestas 5 barreiras enumeradas: recursos limitados, falta de *know-how*, incompreensão do LM, resistência à mudança, e falta de compromisso da GT.

Estas barreiras, estão conectadas entre si e influenciam-se, e assim crescem umas com as outras: A falta de recursos leva a que não se invista na preparação para obter o know-how, o que alimenta a incompreensão do LM e que eleva a resistência à mudança; A falta de compromisso da GT leva a má alocação de recursos e gera falta de comunicação eficaz sobre os objetivos a atingir com o *Lean* e assim aumenta a resistência à mudança (Pearce et al., 2018).

Barreiras à implementação do sistema *Kanban* em PME incluem a gestão de *stock* ineficaz, a falta de envolvimento dos fornecedores, a ausência de melhorias de qualidade e controlo, e a falta de participação e compromisso da GT, que coincidem com algumas das principais barreiras da implementação do *Lean* no geral (Rahman et al., 2013).

Estudos revelam que apenas 30% das mudanças LM são bem-sucedidas, sendo que muitas falhas ainda são mantidas em sigilo devido aos custos envolvidos (AlManei et al., 2017). Este cenário reforça a necessidade de uma abordagem cuidadosa e estratégica na implementação do *Lean*.

A falta de planeamento, de perspetiva estratégica, de compromisso dos funcionários, de recursos para consultoria, de participação do fornecedor, assim como a escassez de mão de obra qualificada, a dependência de funcionários-chave, a demora no retorno do investimento em *Lean*, as variações na procura de produtos, a gestão local, a exploração da cultura, o sistema de negócios, a gestão ineficaz de inventário, e as especificidades tecnológicas, compõem os restantes 50% das barreiras encontradas.

Os Funcionários-chave são responsáveis pela transferência de conhecimento e se esse conhecimento não for documentado causa problemas. Funcionários-chave também podem ser relutantes na distribuição das suas responsabilidades a outros, e o *Lean* defende a autonomia dos

trabalhadores nas suas responsabilidades. Além disso, se os funcionários-chave se mantiverem resistentes à mudança para o *Lean*, irão aumentar a resistência entre todos os funcionários pois são tidos como exemplo (Pearce et al., 2018).

Em resumo, compreender as nuances das barreiras à implementação do *Lean* em PME é crucial para o sucesso desse processo. Ao delinear as principais barreiras, é possível definir estratégias mais eficazes na superação destes desafios complexos e multifacetado.

No caso concreto da área da construção civil muito se pode desenvolver em termos de *Lean*, estudos realizados constataram que a produtividade diminuiu nos últimos anos, devido à falta de planeamento e de coordenação neste setor. Mesmo assim, o mercado exige que se construa mais rápido e barato e assim que sejam aplicadas inovações, principalmente em microempresas (Eivindson et al., 2017).

A superprodução na área da construção é o excesso de materiais na obra, e caso não chegue a tempo uma tarefa é atrasada e esta por sua vez irá atrasar todo o processo. Assim, nesta área a maioria das tarefas são considerados gargalos produtivos. O muda é grande nesta área, e é agravado pela falta de planeamento, pela má logística, má gestão, problemas interculturais e linguísticos com falhas na informação, prazos para entregas de obras e horários de trabalho que nem sempre são possíveis de ser realizados nas 24 h dependendo da importância do local da obra para a movimentação das atividades da cidade, e também de desenhos técnicos pouco explícitos ou com erros, conforme a Tabela 4 (Eivindson et al., 2017).

Tabela 4 - Barreiras do *Lean* em PME de construção

Barreiras ao *Lean* em PME de construção	**Autores**
Falta de planeamento	Eivindson et al., (2017)
Má logística	
Falta de gestão	
Problemas interculturais e linguísticos	
Horários apertados	
Desenhos técnicos deficientes	

3.3.2 Fatores críticos de sucesso na implementação do *Lean* em PME

Nesta secção, discutem-se os FCS na implementação do *Lean* nas PME. Os pilares fundamentais para uma implementação bem-sucedida são destacados, com ênfase nas conclusões de cada autor e na identificação de padrões bem como da enumeração dos FCS tendo em conta os mais citados pelos autores ao longo do estudo.

Os FCS são essenciais para que se implemente qualquer iniciativa ou projeto e se atinja o sucesso, pois permite avaliar se os objetivos estão a ser atingidos na implementação do *Lean* (Pearce et al., 2018).

Apenas 10% das organizações conseguem implementar LM e apenas 10% dessas o implementam de forma acertada, sendo crucial identificar os FCS do *Lean* para avaliar a sua implementação e evitar erros graves, sobretudo em PME que necessitam de soluções mais práticas e específicas. Os seus FCS podem ser dependentes ou independentes, de ligação, ou autónomos, sendo que o compromisso da GT é o mais importante dos facilitadores independentes (Mohammad & Oduoza, 2019).

A atualização tecnológica, o controlo visual do processo, a redução de defeitos, a padronização, a ergonomia e a redução de custos são facilitadores dependentes pois dependem do compromisso da GT, da capacidade financeira, da equipa de especialistas e do treino a funcionários para serem mais eficientes. O compromisso da GT é o mais importante para que tudo aconteça (Mohammad & Oduoza, 2019).

Gestores de PME podem, em muitos casos, trazer mudanças mais rapidamente do que é geralmente possível em grandes empresas, pois PME têm menos burocracia e têm linhas de comunicação mais curtas, sendo mais flexíveis e também mais rápidas nas tomadas de decisão, mas sendo essencial para isso, o compromisso da GT (Matt & Rauch, 2013).

De acordo com a Tabela 5 o treino dos funcionários representa 15% dos FCS encontrados e o compromisso da GT outros 15%, reforçando o compromisso da GT como um FCS crucial e principal. Este FCS influência a formação dos funcionários pois só a GT pode fazer com que haja mais suporte e condições e aprendizagem.

Tabela 5 - FCS do *Lean* em PME por artigos estudados.

Nº autores	Fatores Críticos de Sucesso	Autores
3	Competência	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Pearce et al. (2018), AlManei et al. (2017)
12	Educação e treino	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Sieckmann et al. (2018), Pearce et al., (2018), Mohammad & Oduoza (2019), Alkhoraif et al. (2019), Munteanu & Ştefănigă (2018), Moeuf et al. (2016), Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017), Sousa et al. (2018), Matt & Rauch (2013), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
8	Liderança/ poder de decisão	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Pearce et al. (2018), Alkhoraif et al. (2019), Munteanu & Ştefănigă (2018), Moeuf et al. (2016), AlManei et al. (2017), Sousa et al. (2018), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
3	Experiência	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Alkhoraif et al. (2019), Moeuf et al. (2016)
10	Compromisso da Gestão de topo	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Sieckmann et al. (2018), Pearce et al. (2018), Mohammad & Oduoza (2019), Alkhoraif et al. (2019), Rahman et al. (2013), Munteanu & Ştefănigă (2018), AlManei et al. (2017), Matt & Rauch (2013), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
8	Mudanças Culturais	Elkhairi, Fedouaki, & Alami (2019), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Pearce et al. (2018), Munteanu & Ştefănigă (2018), Moeuf et al. (2016), AlManei et al. (2017), Sousa et al. (2018), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)

Nº autores	Fatores Críticos de Sucesso	Autores
5	Formação de uma equipa *Lean* especializada	Sieckmann et al. (2018), Mohammad & Oduoza (2019), Pearce et al. (2018), AlManei et al. (2017); Sousa et al. (2018)
1	Avaliação empresarial abrangente	Sieckmann et al. (2018)
3	Sistema de comunicação eficaz	Sieckmann et al. (2018), AlManei et al. (2017), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
1	Seleção de projetos de melhoria adequados	Sieckmann et al. (2018)
1	Sustentação a longo prazo	Sieckmann et al. (2018)
2	Monitoramento, documentação e padronização	Sieckmann et al. (2018), Matt & Rauch (2013)
1	Exploração da cultura	Pearce et al. (2018)
1	Desempenho Ambiental	Pearce et al. (2018)
6	Envolvimento dos funcionários	Pearce et al. (2018), Alkhoraif et al. (2019), Rahman et al. (2013), Munteanu & Ştefănigă (2018), AlManei et al. (2017), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
2	Capacidade Financeira	Mohammad & Oduoza (2019), AlManei et al. (2017)
1	Bom Network	Mohammad & Oduoza (2019)
1	Estratégia *Lean* Clara	Mohammad & Oduoza (2019)
5	Cultura organizacional	Alkhoraif et al. (2019); Kolla et al. (2019), AlManei et al. (2017), Sousa et al. (2018), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
2	Desempenho de avaliação	Alkhoraif et al. (2019), Munteanu & Ştefănigă (2018)
1	Comunicação de objetivos	Munteanu & Ştefănigă (2018)
1	Projeção de custos e benefícios	AlManei et al. (2017)
1	Recursos e escalas de tempo	AlManei et al. (2017)
1	Recursos para mão de obra	AlManei et al. (2017)
1	Suporte de consultores	AlManei et al. (2017)
1	Abordagem estratégica para melhorias	AlManei et al. (2017), Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
1	Envolvimento clientes	Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
1	Envolvimento de fornecedores	Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)
1	Sistema de recompenas	Gamache ing. & Abdulnour ing. (2016)

A liderança da GT envolve 10% dos FCS encontrados nos artigos bem como outros 10% pertencente às mudanças culturais.

O envolvimento dos funcionários, a formação de equipas *Lean* e a cultura organizacional em conjunto representam aproximadamente 15% das menções a FCS encontradas nos artigos estudados. Estes 7 FCS representam 65% das informações de FCS encontradas, e os restantes 35% das informações são divididos por 22 FCS, sugerindo que estes 7 são os FCS mais importantes.

As barreiras ao *Lean* podem ser combatidas com os FCS (Tabela 6). Há consistência entre os FCS e as barreiras enfrentadas, e assim servem de apoio para a criação de um modelo de implementação *Lean* em PME (Apêndice 2). Fortalecer a cultura *Lean* entre todos os funcionários incluindo os pertencentes à GT é essencial pois, o apoio da alta administração e a compreensão de toda a equipa são os FCS principais à implementação *Lean* (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

Tabela 6 - Barreiras VS FCS do *Lean* em PME. Adaptado de (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

Barreiras	FCS
Falta de experiência	Competência e experiência, Educação e treino
Falta de planeamento	Competência e experiência
Falta de envolvimento da GT	Envolvimento da GT
Falta de perspetivas estratégicas	Competência e experiência
Falta de entendimento do LM	Educação e treino
Resistência a mudanças	Cultura de mudança

Das barreiras principais estudadas no capítulo anterior, apenas os recursos limitados não podem ser combatidos diretamente por um FCS. A educação e treino dos funcionários é um FCS principal e combate as barreiras principais encontradas: a falta de "know-how", a resistência à mudança, a incompreensão do LM, influencia a que se deem as mudanças culturais e até pode promover o compromisso da GT. Assim como a falta de compromisso da GT era uma barreira principal, o envolvimento da GT é também um FCS principal e assim reforçou-se mais uma vez como a GT tem um papel predominante na implementação do *Lean* (Elkhairi, Fedouaki, & Alami, 2019).

Segundo Pearce et al., 2018 o verdadeiro problema em alcançar o sucesso *Lean* não é o compromisso da GT, mas sim a ignorância sobre com o que se devem comprometer, portanto, um problema de conhecimento. Envolver os funcionários é crucial para que se implemente o *Lean*.

A primeira coisa que uma PME precisa considerar ao introduzir o *Lean* é a cultura organizacional garantida pelo compromisso da GT em fazer com que resulte a implementação *Lean* (Alkhoraif et al., 2019).

A cultura de uma empresa influencia a maneira como os trabalhadores se comportam assim, é importante entender a cultura de uma organização. O processo de tomada de decisão depende da sua formação cultural de acordo com o que é considerado certo (Alkhoraif & McLaughlin, 2018).

A exploração da cultura, deve incutir uma cultura que capacite os funcionários a resolver problemas por si, e a implementar melhorias regulares e uma comunicação eficaz por parte da GT com uma visão partilhada e de colaboração com os funcionários (Pearce et al., 2018).

O desempenho ambiental com obtenção do selo de produção verde e que é usado por iniciativas em termos de prevenção de poluição, redução de desperdício e reutilização de recursos e assim também pode ser visto como um FCS (Fiorello et al., 2023).

Projeção antecipada de custos e benefícios permite evitar maus investimentos. Aplicar uma abordagem estratégica para as melhorias, sem desperdiçar outros FCS como recursos humanos, e possivelmente usar um suporte externo de consultores (AlManei et al., 2017).

O sistema de recompensas também é crucial para motivar os funcionários, fomentar a mudança cultural bem como o sistema de medição para alinhar os esforços organizacionais com metas estratégicas (Gamache ing. & Abdulnour ing., 2016).

3.3.3 Ferramentas *Lean* implementadas com maior sucesso em PME

Nesta secção exploram-se as ferramentas *Lean* implementadas com maior sucesso nas PME. Revelam-se estratégias, e são destacadas as escolhas mais eficazes para melhorar processos e alcançar eficiência operacional tendo em conta os recursos limitados das PME, num contexto de convergência entre o *Lean* e a I4.0.

As práticas e os princípios *Lean* podem ser implementados com sucesso em qualquer organização, independentemente do seu tamanho ou atividade. No entanto, cada organização deve encontrar a combinação das práticas que podem ser adaptadas às suas especificidades, havendo três categorias de práticas *Lean*: as independentes do tamanho da empresa; as que podem ser implementadas progressivamente como os 5S, e a formação de funcionários para os tornar multifuncionais, e as que se relacionam com a dimensão da empresa e que são mais difíceis de aplicar nas PME (Munteanu & Ştefănigă, 2018).

A literatura destaca várias ferramentas e técnicas que foram consideradas eficazes nas PME (Tabela 7), 5S foi a ferramenta mais referida na nossa pesquisa, seguida da manutenção produtiva total (TPM), *Poka Yoke* e VSM.

Tabela 7 - Ferramentas *Lean* em PME

Nº autores	Ferramentas *Lean* mais frequente em PME	Autores
5	5S	(Hoellthaler et al., 2018); (Antosz & Stadnicka, 2017); (AlManei et al., 2017); (Sousa et al., 2018); (Matt & Rauch, 2013); (Alkhoraif & McLaughlin, 2018)
4	TPM	(Hoellthaler et al., 2018); (Antosz & Stadnicka, 2017); (AlManei et al., 2017); (Alkhoraif & McLaughlin, 2018)
4	Poka Yoke	(Hoellthaler et al., 2018); (Antosz & Stadnicka, 2017); (Matt & Rauch, 2013); (Alkhoraif & McLaughlin, 2018)
3	VSM	(Hoellthaler et al., 2018); (Antosz & Stadnicka, 2017); (AlManei et al., 2017); (Alkhoraif & McLaughlin, 2018); (Matt & Rauch, 2013)

Nº autores	Ferramentas *Lean* mais frequente em PME	Autores
1	FIFO	(Matt & Rauch, 2013)
1	Avaliação comparativa	
1	*Kaizen*	
1	JIT	
1	*Kanban*	
1	Gestão visual na produção	
1	Controlo de falhas/Zero defeitos	
1	Gestão de ideias para introduzir know-how do trabalhador	
1	Redução de tempo de configuração	
1	Postos de trabalho eficientes	
1	Equipas autónomas	
1	Rotação de tarefas	
1	Automação de baixo custo (económica e simples)	
1	Melhoria de *layout*	
1	Redução de *stock*	(Alkhoraif & McLaughlin, 2018)
1	Redução de desperdício	(Alkhoraif & McLaughlin, 2018)
1	SMED	(Alkhoraif & McLaughlin, 2018)

Matt e Rauch (2013) falaram da implementação da produção *Lean* em PME e de diversas ferramentas: FIFO, avaliação comparativa, *Kaizen*, JIT, *Kanban,* gestão visual na produção, controlo de falhas, gestão de ideias para introduzir know-how do trabalhador, redução do tempo de configuração, estações de trabalho eficientes, equipas autónomas, rotação de tarefas, automação de baixo custo, melhoria de *layout* e redução de *stock*.

Muitas destas ferramentas como JIT, Gestão Visual da produção, controlo de falhas, redução do tempo de configuração, postos de trabalho eficientes, e automação de baixo custo são implementadas em sistemas de produção e têm melhor resultado quanto maior for o sistema, ou seja, quanto maior o tamanho da empresa pois a acumulação de pequenas mudanças é mais impactante quanto maior for o conjunto dessas mudanças, assim as mudanças serão maiores quanto maior o seu processo (Munteanu & Ştefănigă, 2018).

As ferramentas *Lean* que devem ser aplicadas inicialmente são as de implementação mais fácil e com menor custo, concretamente gestão visual, 5S, VSM e trabalho padronizado. As ferramentas mais complexas e as iniciativas de apoio (TI) que necessitam de maior financiamento, tempo e formação devem ser introduzidas mais tarde no projeto *Lean*. Outras ferramentas *Lean*, mas que são menos populares entre PME, são o dimensionamento de Pequenos Lotes, SMED e *Kaizen* (Munteanu & Ştefănigă, 2018).

No entanto, Antosz & Stadnicka (2017), concluíram do seu estudo que o SMED era a segunda ferramenta mais utilizada logo após os 5S em PME, e provaram que o SMED promove eficiência e pode ser benéfico também em PME.

3.3.4 Indústria 4.0 em PME

Nesta secção investiga-se como os autores incorporaram as inovações nas PME. Analisam-se as sinergias entre os princípios do *Lean* e as tecnologias emergentes, e revelam-se abordagens promissoras para a integração bem-sucedida de ambas.

A I4.0 é uma quarta revolução industrial e deu-se na forma como os processos industriais e de produção são implementados e geridos, com a utilização de tecnologias avançadas para criar empresas conectadas e inteligentes. Assim, a informatização e a conectividade são pré-requisitos para a implementação da I4.0. Estes pré-requisitos significam que todos os processos de uma empresa devem estar conectados, e a partilha de informações entre departamentos é possível. Existem sinergias entre as ferramentas de gestão *Lean* e as tecnologias da I4.0 (Elafri et al., 2022).

A I4.0 foi introduzida em 2011 ao descrever a digitalização da CA em tempo real e com base em 5 elementos: digitalização da produção, automação, a interação homem-máquina, os serviços de agregação de valor e a comunicação automática de dados. Estes elementos podem criar vantagens competitivas quando bem aplicados, pois também existem desafios como a formação dos funcionários, a padronização das tarefas, a escassez de recursos financeiros, a segurança de dados e a falta de clareza dos benefícios (Horváth & Szabó, 2019).

A I4.0 espalha-se em 3 dimensões principais: a integração horizontal (entre sistemas de TI internos e sistemas de TI externos à empresa, como por exemplo com fornecedores para garantir *stock* atempados), a integração vertical (dá-se em diferentes níveis hierárquicos da empresa, como a integração das informações dos sensores das máquinas no chão de fábrica para o planeamento corporativo) e a engenharia de origem ao destino (que conecta todos os dados do ciclo de vida de um produto, desde a sua fabricação até a entrega ao cliente). As tecnologias avançadas de TIC podem ajudar as PME produtoras a integrar fornecedores e clientes com as operações da empresa para melhorar relacionamentos, criar colaborações novas, e melhorar a CA ao garantir que nunca faltará *stock* (Kolla et al., 2019).

A I4.0 assim como o LM procuram aumentar a produtividade e a flexibilidade, e podem beneficiar-se mutuamente, com sinergias para uma produção mais eficiente e de alta qualidade. A *internet* das coisas (loT), análise de dados e a automação permitem integrar ambas as políticas. Pela interconetividade de máquinas e sistemas, transparência de informações, assistência técnica em tempo real e decisões descentralizadas podem surgir oportunidades como a normalização de produtos, maior eficiência de recursos e a expansão para novos mercados (Mofolasayo et al., 2022).

Na Tabela 8, a aplicação da I4.0 pode beneficiar o *Lean* ao facilitar a sua implementação, mas também a sua produtividade e eficiência em relação aos recursos. A I4.0 pode também ajudar na aprendizagem dos seus funcionários e gerar melhor ambiente de trabalho e com melhor desempenho económico, social e ambiental. A I4.0 pode ajudar a gerar melhores estimativas de *stock* e na redução de erros através de CA digitais, menores tempos de espera, menores custos de manutenção (pelas melhores previsões) e maior reutilização de conhecimento e recuperação de informações.

Tabela 8 - Vantagens da aplicação do *Lean* na indústria 4.0

Nº Autores	Vantagens	Autores
3	Produtividade e eficiência em relação aos recursos	(Fiorello et al., 2023); (Rajab et al., 2022); (Kumar et al., 2018)
1	Grandes oportunidades de aprendizagem a funcionários Ambiente de trabalho melhor e mais seguro Melhorar desempenho económico, ambiental e social	(Fiorello et al., 2023)
1	Melhores estimativas de *stock*	(Rajab et al., 2022)
2	Redução de tempos de espera	(Rajab et al., 2022); (Kumar et al., 2018)
1	Cadeia de Abastecimento Digital	(Rajab et al., 2022)
1	Reduz o risco de erros	(Müller et al., 2017)
1	Maior facilidade em implementar *Lean*	(Jituri et al., 2018)
1	Reduz custos de manutenção	(Kumar et al., 2018)
1	Reutilização do conhecimento e recuperação de informações	(Kumar et al., 2018)

A I4.0 e a logística 4.0 implementam novas tecnologias, ferramentas e organizam uma empresa. Foram ligadas 38 ferramentas *Lean* a 15 tecnologias da I4.0. A adoção da I4.0 pode superar as barreiras existentes para a implementação do *Lean* e as duas áreas podem ser integradas. As ferramentas da gestão *Lean* como Heijunka, Melhoria Contínua, JIT, Jidoka e Gestão de Resíduos são as que mais se beneficiam da I4.0. Os elementos da I4.0 que melhores suportes oferecem às ferramentas *Lean* são: *Big Data*, computação em nuvem e sensores (Elafri et al., 2022).

Na I4.0 as informações estão disponíveis em tempo real e são recursos digitais dinâmicos em sistemas de produção auto-organizados que unem objeto, sistemas e recursos humanos para facilitar a otimização dos recursos, eficiência e custos (Hoellthaler et al., 2018).

As PME enfrentam as maiores dificuldades e barreiras no domínio das tecnologias e métodos modernos, pois a implementação dessas tecnologias inovadoras requer um conjunto complexo de procedimentos criados com base em modelos existentes para avaliar a sua posição tecnológica (ponto muito fraco das PME). A análise digital, ao contrário da análise gráfica, requer preparação adequada na área de aquisição de dados. Esta diferença torna-se uma barreira

fundamental para as PME na implementação de conceitos modernos, como I4.0 (5.0) e fabricação inteligente (Horváth & Szabó, 2019; Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2022).

Os recursos 4.0 existentes podem ajudar no combate de várias fontes de desperdício *Lean*. Os recursos 4.0 são a IoT, a manipulação de *Big data*, a computação em nuvem, a realidade aumentada, a simulação, os robôs autónomos, a integração de sistemas e a fabricação aditiva. Recursos digitais melhoram a identificação do desperdício e garantem que os orçamentos sejam alocados de forma eficaz, e possibilitam investimentos no *Lean* bem-sucedidos e com resultados mais eficientes ao tornar os sistemas de fabricação mais produtivos. Todos os resíduos de LM podem ser identificados e eliminados ao usar várias ferramentas digitais (Rajab et al., 2022).

A IoT permite a monitorização em tempo real e a recolha mais fácil de dados e a sua análise, assim permite a deteção precoce da sua adequação e de falhas evitando defeitos e superprodução. A análise de *Big Data* permite a monitorização de rotas e condições de tráfego e evita esperas pela ajuda dada na eficiência das entregas. Através da análise de dados históricos antecipa-se a procura e evita-se o sobre processamento devido a ajustes dos níveis de produção. A computação em nuvem para além de permitir segurança de dados pelos backups automáticos, permite atualizações em tempo real e identificação do inventário presente através do acesso remoto a partir de qualquer local. A realidade aumentada permite simulações realistas e treino educacional e assim, proporcionar assistência às manutenções com a digitalização de procedimentos, permitir colaboração remota e ajudar nas vendas através da visualização de produtos 3D. A simulação permite uma representação virtual do movimento e permite assim testar e otimizar, como por exemplo fazer uma análise ao fluxo de materiais e otimizá-lo. Robots autónomos com sensores, podem inspecionar produtos ou equipamentos pela identificação de defeitos ou sinais de desgaste de forma precoce e até mesmo realizar ações corretivas no ajuste de máquinas e podem fazer isso tudo em locais e materiais em que não haveria possibilidade para um humano, como o caso de algumas infraestruturas críticas (Rajab et al., 2022).

A integração de sistemas permite monitorar em tempo real toda a CA e assim tomadas de decisão mais rápidas, melhor gestão dos *stock* por uma melhor perceção da procura, otimização de rotas e de frotas, que permitem reduzir os custos de transporte ao serem mais rápidos e com menos gasto de combustível, e permite uma melhor colaboração entre parceiros comerciais como é o caso das transportadoras. A fabricação aditiva é conhecida como a impressão 3D, e permite a fabricação de peças personalizadas e também permite a criação de estruturas leves e complexas que reduzem o peso em veículos, e estes por sua vez terão menores consumo de combustível e de emissões. A fabricação aditiva também permite a elaboração de protótipos de forma rápida e assim o desenvolvimento de novos produtos também se torna mais rápido (Rajab et al., 2022).

A I4.0 é vista como uma revolução na gestão industrial, com barreiras para a sua implementação, como mencionado na Tabela 9.Essas barreiras são as competências insuficientes dos empregados nas PME, falta de compreensão do *Lean*, falta de normas técnicas, altos custos, tempos gastos na sua introdução e os seus requisitos de segurança que fazem com que muitas PME não estejam conscientes da importância da criação de produtos inteligentes num futuro próximo (Rauch et al., 2017).

Outras das barreiras encontradas foram a falta de compromisso da GT, a resistência organizacional, a pressão pelo retorno financeiro, a falta de padronização e o tamanho da empresa. Todas as barreiras encontradas para a I4.0 são comuns à implementação do *Lean*.

Tabela 9 - Barreiras da I4.0

Nº Autores	Barreiras	Autores
1	Falta de competência	Papetti et al. (2016)
1	Falta de planeamento Falta de especialização dos funcionários Falta de compromisso da alta administração Falta de normas técnicas Incompreensão do LM	Rauch et al. (2017)
5	Recursos limitados – Altos custos	Rauch et al. (2017) , Papetti et al. (2016); Mofolasayo et al. (2022), Vijayan & Mork (2020), Romero et al. (2019)
2	Resistência organizacional	Papetti et al. (2016) , Mofolasayo et al. (2022)
2	Pressão por retorno financeiro	Papetti et al. (2016) , Mofolasayo et al. (2022)
1	Integração tecnológica e de cooperação - falta de padronização	Papetti et al. (2016)
1	Tamanho da empresa	Mofolasayo et al. (2022)

A rapidez de implementação da I4.0 depende do tamanho da empresa, dos recursos financeiros disponíveis e facilidade de acesso a capital, bem como da política que se realiza para que se dê a mudança organizacional, no entanto, de qualquer das formas deve ser introduzida pois a I4.0 auxilia na melhoria contínua do *Lean* (Mofolasayo et al., 2022).

Na Tabela 10 são mencionados os FCS encontrados para a implementação da I4.0. Esses FCS são a competência de toda a equipa, a educação e formação dos funcionários, o foco em métodos de fácil aplicação, a consciencialização que produtos inteligentes serão importantes a médio-prazo, a preparação adequada na aquisição de dados, a mudança organizacional, a conetividade e o partilha de informações, a visão a longo prazo, a transparência e a adaptabilidade de toda a equipa aos novos métodos.

Tabela 10 - FCS na Indústria 4.0

Nº Autores	Fatores Críticos de Sucesso	Autores
1	Competência	Rauch et al. (2017)
4	Educação e treino dos funcionários	Rauch et al. (2017), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Kolla et al. (2019)
1	Concentração em métodos fáceis de aplicar	Rauch et al. (2017)
1	Produtos inteligentes importantes a médio-prazo	
1	Preparação adequada na área de aquisição de dados	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
1	Mudança organizacional	Mofolasayo et al. (2022)
1	Conetividade e compartilhamento de informações Visão a longo prazo Transparência Adaptabilidade	Kolla et al. (2019)

Destes FCS vários são iguais ao *Lean* como a competência, a educação e a formação dos funcionários, a mudança organizacional e a visão a longo prazo. Restantes FCS estão conectados e são coerentes com o *Lean*, pois facilitam a implementação, a compreensão do LM e vão ao encontro dos seus objetivos. A conetividade e a partilha de informações permite maior visibilidade de processos e disseminação das informações. A transparência permite uma visão clara dos problemas e permite a escolha de soluções eficazes para melhorar a eficiência, a adaptabilidade permite ajustes rápidos a mudanças no mercado e a adaptação contínua às necessidades dos clientes é também encorajada no *Lean*, assim os *stock* são diminuídos e é aumentada a agilidade operacional.

A simplicidade dos métodos pode reduzir a complexidade operacional, pois facilita a compreensão do LM por parte dos seus funcionários e aceleram a implementação das melhorias. A preparação adequada na aquisição de dados também, pois ao entender quais são os dados críticos evitam-se sobrecargas de informação bem como alocação inadequada de recursos disponíveis nos objetivos a atingir.

As principais forças motrizes (Tabela 11) para iniciar a introdução na I4.0 encontradas na literatura são a escassez de mão-de-obra, as receitas, a competição existente no mercado, as expectativas da alta administração, a eficiência e as fábricas de aprendizagem.

Tabela 11 - Forças motrizes da I4.0

Nº Autores	Forças motrizes	Autores
1	Escassez de mão de obra Receitas Competição de mercado e pressão dos concorrentes Expectativas da alta administração	(Papetti et al., 2016)
2	Produtividade/eficiência	(Papetti et al., 2016), (Mofolasayo et al., 2022)
1	Fábricas de aprendizagem	(Ahmad et al., 2018)

A falta de mão-de-obra ou falta de trabalhadores qualificados impulsiona a automação e a adoção de tecnologias inteligentes. Procurar atingir o maior lucro e ser competitivo ao melhorar processos e reduzir custos operacionais. A competição no mercado pela criação de produtos de alta qualidade e que respondem às mudanças nos pedidos dos clientes com agilidade. As metas estratégicas que se pretendem atingir através das expectativas da alta administração. A eficiência, pois, permite reduzir custos e, por conseguinte, aumentar lucros, e as fábricas de aprendizagem ao permitir a adaptação contínua na busca pela inovação, que é a principal impulsionadora da implementação de tecnologias inteligentes e práticas avançadas.

3.3.5 Digitalização em PME

Nesta secção retrata-se como as estratégias digitais são exploradas para aprimorar a eficácia e a adaptabilidade das PME no contexto do *Lean*. Aborda-se o contexto do *Lean* e da sustentabilidade.

Na I4.0 as informações relevantes precisam estar disponíveis em tempo real para serem recursos digitais dinâmicos. Os sistemas de produção necessitam ser auto-organizados ao ponto de unirem objeto, sistemas e recursos humanos e proporcionar maior facilidade na melhoria dos recursos, eficiência e custos. Confirma-se que à medida que o grau de maturidade *Lean* numa empresa fica mais elevado, torna-se necessário introduzir a digitalização. A produção *Lean* e a digitalização representam dois caminhos com objetivos idênticos (Hoellthaler et al., 2018).

A visualização do processo com base em dados digitais permite um conhecimento rápido e completo do curso de todos componentes do processo de negócios e identificar as atividades que não agregam valor. Assim a visualização do processo total, permite tomar uma decisão sobre a reorganização do processo ou da melhoria a implementar, de acordo com a filosofia *Kaizen*. Permite criar um mecanismo de interação digital humano-a-humano, humano-a-objeto e objeto-a-objeto em todo o processo de produção (Klimecka-Tatar & Ingaldi, 2022).

A Logística 4.0 pode ser alcançada pela integração de cadeias de valor horizontais e verticais em termos de digitalização de serviços, que permitem o ajuste de parâmetros e configurações em tempo real para a melhoria dos processos logísticos, com sistemas de rastreamento, sistemas analíticos preditivos para previsão da procura, inteligência artificial para gerir armazéns, e *chatbots* em compras (Woschank & Dallasega, 2021).

A digitalização, (Tabela 12), tem como vantagens potenciais a individualização dos desejos dos clientes, a flexibilização dos seus pedidos até pela maior personalização de produtos, a tomada de decisão melhorada, a produtividade e a eficiência de recursos, o aumento do valor acrescentado por novos serviços, a criação de *design* sensível à demografia dos locais de trabalho e o aumento da competitividade dos países com altos salários, o aumento da transparência, a elevação da

maturidade da empresa em relação ao *Lean*, a melhoria do suporte para gestão de conhecimento, a melhoria da comunicação entre sistemas em toda a CA, o apoio à gestão da qualidade, a melhoria da inteligência logística e da armazenagem, a redução do risco de erros, o aumento da produtividade, a redução dos custos de *stock* e da qualidade, a maior precisão na previsão, a redução do tempo para a colocação do produto no mercado e a redução dos custos de manutenção (Hoellthaler et al., 2018).

Tabela 12 - Vantagens da digitalização em PME

Nº Autores	Vantagens da digitalização em PME	Autores
1	Individualização dos desejos dos clientes	Hoellthaler et al. (2018)
1	Flexibilização	
2	Tomada de decisão otimizada	Hoellthaler et al. (2018), Papetti et al. (2016)
2	Produtividade e eficiência em relação aos recursos	Hoellthaler et al. (2018), Kumar et al. (2018)
1	valor acrescentado por novos serviços design sensível à demografia dos locais de trabalho Competitividade dos países com altos salários	Hoellthaler et al. (2018)
2	Transparência	Hoellthaler et al. (2018), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
2	Elevar a maturidade da empresa em relação ao *Lean*	Hoellthaler et al. (2018), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
1	Excelência	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
2	Suporte para gestão de conhecimento	Papetti et al. (2016), Hickey et al. (2023)
1	Maior personalização de produtos Comunicação entre sistemas em toda a CA Apoiar a Gestão da Qualidade Inteligência logística e armazenagem	Papetti et al. (2016)
2	Redução do risco de erros	Müller et al. (2017), Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
1	Aumento da produtividade Redução dos custos de *stock* Redução dos custos de qualidade Maior precisão na previsão Redução do tempo para o mercado Redução dos custos de manutenção	Kumar et al. (2018)

A digitalização permite melhorar o ambiente de trabalho ao criar melhores ferramentas de trabalho e compreensão mais profunda das necessidades individuais recorrendo a plataformas digitais para recolha e análise de dados. Um Gémeo Digital (DT) contém uma ficha técnica do equipamento, deve mostrar que a máquina está em conformidade com a diretiva e com as

informações. As informações são instruções, o desenho geral e dos circuitos de controlo, e designa-se arquivo técnico digital e é muito mais que uma simulação do processo pois tem potencial para ser um ponto central de informações e ajudar na implementação do *Lean* no entanto, pode ser caro e há custos de manutenção e de contratação para o criar e manter (Hickey et al., 2023).

A digitalização oferece a oportunidade de superar os limites da LM pelo aumento da capacidade de lidar com a complexidade e o aumento da flexibilidade (Hoellthaler et al., 2018).

A digitalização é crucial para a redução de custos e enfrentamento de novos desafios como a falta de recursos humanos. Este facto afeta não só os produtos físicos, mas também a natureza do negócio, a estrutura organizacional e a estratégia, sendo o grande desafio definir o ritmo que se dará a transformação digital, que difere pelas dimensões das empresas pois têm características distintas. As empresas multinacionais têm maiores recursos financeiros e redes de conexões, e assim permitem o investimento em tecnologias avançadas de manufatura, e formam sistemas mais flexíveis, com maiores departamentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Uma PME geralmente é mais tradicional e com maiores desafios, causados pela falta de recursos e dependência de parceiros de negócios. As PME têm falta de flexibilidade de fabricação por falta de conhecimento, falta de suporte da administração, e pelos custos, assim a viabilidade de implementação depende da situação financeira da empresa, sendo necessária uma abordagem personalizada para cada tipo de empresa (Horváth & Szabó, 2019).

Conforme a Tabela 13 as dificuldades encontradas pelas PME na implementação da digitalização devem-se à falta de conhecimento, de maturidade, de compreensão em relação ao LM, de recursos e devido à resistência na mudança dos funcionários e da GT. Sendo todas estas dificuldades comuns ao *Lean*.

Tabela 13 - Dificuldades da Digitalização em PME

Nº Autores	Dificuldades das PME	Autores
3	Falta de conhecimento	Hoellthaler et al. (2018); Grube et al. (2019), Martin et al. (2020)
1	Maturidade baixa em relação ao *Lean*	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022)
5	Falta de recursos	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Papetti et al. (2016), Hickey et al. (2023); Müller et al. (2017), Grube et al. (2019)
4	Resistência dos funcionários	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Papetti et al. (2016), Müller et al. (2017), Grube et al. (2019)
3	Custos elevados	Klimecka-Tatar & Ingaldi (2022), Müller et al. (2017), Martin et al (2020)
1	Resistência da Gestão de topo	Papetti et al. (2016)
1	Dificuldade de coordenação entre as unidades organizacionais.	Papetti et al. (2016)
1	Medo do aumento de custos	Papetti et al. (2016)
1	Complexidade da simulação	Grube et al. (2019)
1	Dificuldades de previsão dos impactos negativos e positivos	Martin et al. (2020)

Outras dificuldades encontradas estão relacionadas com a dificuldade de coordenação entre as unidades organizacionais, o medo do aumento significativo de custos visto a implementação da digitalização ser também de custo elevado, a complexidade da simulação e a dificuldade de previsão dos impactos da sua implementação, quer sejam impactos positivos ou negativos.

3.3.6 Lean Green

A competitividade e diretivas legais exigem cada vez maior foco na sustentabilidade levando a que se implementem práticas para melhorar o desempenho nesse requisito. O interesse pelo desempenho ambiental aumenta tanto pelas próprias empresas como pelos seus clientes e pela sociedade no geral, e utiliza-se o selo verde para prevenção da poluição e reutilização de recursos (Fiorello et al., 2023).

A certificação verde é importante para uma empresa, não só para cumprimento dos seus requisitos legais, mas também por lhe proporcionar credibilidade ambiental e assim transmitir confiança aos seus clientes e parceiros. Esta certificação também permite a diferenciação da empresa no mercado face à concorrência, pois no mercado os consumidores estão cada vez mais preocupados com o compromisso com a sustentabilidade, assim como também faz com que a empresa esteja mais preparada para as mudanças vindouras no futuro com práticas amigas do ambiente (Menghi et al., 2020).

Um objetivo da I4.0 é reduzir o efeito estufa pelas emissões de gases ou consumo de energia, portanto está relacionado com a dimensão ambiental também. A I4.0 pretende alcançar metas de sustentabilidade e eliminar todo o tipo de resíduos recorrendo a tecnologias cada vez mais sofisticadas, e tal como referido, a concorrência assim o tem exigido assim como os requisitos legais (Fiorello et al., 2023).

Tecnologias inteligentes como plataformas da IoT, e sensores facilitam práticas ambientais permitindo recolha de dados relativos a emissões, consumos de energia e resíduos. Abordagens integradas de sustentabilidade (green) e do *Lean* podem melhorar a eficiência da produção, e assim surgem várias sinergias de forma natural, pois

Lean-Green impacta na produtividade, na redução de resíduos de materiais, impactos ambientais e na eficiência de recursos (Fiorello et al., 2023).

As empresas têm conhecimento da existência de produtos e práticas sustentáveis, contudo, a implementação muitas vezes apenas ocorre devido a requisitos legais, pressões de concorrentes ou procura dos clientes, e não necessariamente pela expectativa de obter benefícios em termos de desempenho operacional. É crucial uma campanha de validação mais abrangente, especialmente

para práticas que carecem de suporte na literatura existente sobre *Lean*-Green-4.0 (Fiorello et al., 2023).

Menghi et al. (2020) propuseram um fluxo de trabalho para apoiar as PME numa economia de energia *Lean*. Esse fluxo pretende vencer as alterações climáticas e aplicar o desenvolvimento sustentável, visto que a gestão de energia é algo que as PME na maioria não fazem pela elevada tecnologia e investimento necessário, pois contrariam a falta de recursos das PME. O método relaciona o consumo de energia com o valor agregado e não agregado, e assim possibilita a identificação dos processos que usam mais energia e escolha do plano mais adequado.

Fiorello et al. (2023) elaboraram uma *framework* que ajuda na escolha estratégica de tecnologias inteligentes combinadas com práticas ambientais e *Lean*, e impulsiona melhorias contínuas para aumentar a consciencialização dos seus benefícios.

A pressão crescente relativamente à disponibilidade dos combustíveis oriundos de recursos fósseis, preços da energia e legislação ambiental emergente, estão a levar os fabricantes a adotar soluções para reduzir os seus consumos de energia e pegada de carbono, através de inovação. Foi desenvolvido um método que liga o pensamento *Lean* à sustentabilidade e que impulsiona a ISSO 50001:2011. Este método não depende do tamanho da empresa e tem 6 etapas (Papetti et al., 2016):

1- criação do modelo;
2- monitorização dos consumos de energia por intervalo de tempo;
3- coleção de dados das máquinas como tempo de operação e potência;
4- agrupamento de produtos aos seus semelhantes (peso, complexidade, volume…);
5- cálculo do consumo estimado por processo e departamento
6- identificação dos processos e máquinas que incorporam situações críticas e definição de possíveis estratégias corretivas.

Lean green beneficia especialmente as grandes empresas, no entanto, as PME devem também ser incentivadas a adotá-los para tirar partido da sua CA, aumentando a sua competitividade e volume de negócios (Kosasih et al., 2023).

3.3.7 Síntese dos diversos componentes da I4.0

Como referido, o desenvolvimento de metodologias *Lean*, a ascensão da I4.0 e a adoção da digitalização convergem para moldar um novo paradigma nos ambientes corporativos. Esta convergência reflete a necessidade constante por inovação, produtividade e alinhamento estratégico com as procuras existentes no mercado.

Da literatura, no cenário empresarial atual, onde a mudança é a única constante, a metodologia *Lean* destaca-se como alicerce em empresas que querem ter operações mais ágeis,

pois o *Lean* tem foco na eliminação de desperdícios, impulsiona a eficiência e cultiva a melhoria contínua. Simultaneamente, a ascensão da I4.0 representa uma revolução na conceção e operação dos processos produtivos e redefine a eficiência ao incorporar conectividade, análise de dados em tempo real, flexibilidade e digitalização. A digitalização, por sua vez, representa a aplicação abrangente de tecnologias digitais em todas as áreas organizacionais.

Assim, a interseção entre estas três abordagens *Lean*, I4.0 e digitalização, reflete uma abordagem holística para aprimorar eficiência, inovação e competitividade organizacional. A implementação integrada dessas abordagens não apenas melhora processos, mas também promove a capacidade adaptativa para enfrentar os desafios emergentes, muitos dos quais são compartilhados entre elas.

A falta de planeamento emerge como uma barreira transversal, sendo crucial para o sucesso, pois a ausência de uma estratégia clara e objetiva pode minar os esforços, e resultar em implementações fragmentadas e desordenadas. Como todas as metodologias procuram uma mudança cultural e organizacional, a resistência à mudança pode ser uma barreira a todas as metodologias, tornando essencial promover uma cultura para a inovação, a eficiência e a adaptação contínua.

A escassez de recursos, seja ela de conhecimento, de mão de obra qualificada, ou financeira é também uma barreira partilhada. A falta de especialização e competência, revela-se como um desafio para a I4.0, enquanto a falta de conhecimento e maturidade são obstáculos frequentes em relação ao *Lean* e à digitalização. A colaboração interdisciplinar, a formação contínua e a criação de parcerias estratégicas podem atenuar essas barreiras.

A falta de recursos financeiros emerge como um desafio impactante, e é uma barreira à implementação de qualquer das três metodologias. A ausência de recursos compromete não apenas a formação adequada dos colaboradores, mas também a capacidade de implementar mudanças cruciais nos processos, bem como dificulta a alocação de fundos para melhorias contínuas, prejudicando a vitalidade da cultura de melhoria constante proposta pelo *Lean*. No contexto da I4.0, a escassez de recursos financeiros impossibilita a implementação de tecnologias avançadas, como IoT e sistemas ciberfísicos, pois requerem investimento financeiro significativo. Na área da digitalização, para implementar sistemas digitais eficazes são necessários investimentos robustos em tecnologia, assim a escassez financeira pode impossibilitar a criação ou a atualização de sistemas, e assim limitar a capacidade empresarial em todas as áreas, desde as operações até às interações com os seus clientes.

A falta de padronização e a integração tecnológica são desafios notáveis que afetam tanto a I4.0 quanto a digitalização. A necessidade de interoperabilidade e protocolos comuns é evidente, sugerindo a criação de diretrizes globais que facilitem a convergência dessas abordagens.

Embora essas abordagens tenham características distintas, uma série de FCS partilhados transcendem as fronteiras das metodologias bem como sinergias que pretendem maximizar o impacto positivo nas operações empresariais.

Competência é um denominador comum, seja para aplicar os princípios *Lean*, entender as complexidades da I4.0 ou utilizar efetivamente ferramentas digitais na era da digitalização.

A educação e a formação contínua emergem como pilares que permitem enfrentar desafios em constante evolução. A educação em *Lean* envolve a transmissão de princípios sobre a eliminação de desperdícios, a criação de valor para o cliente e a promoção da melhoria continua, como treinos específicos para aplicar o *Kaizen* sensibilizando para a cultura *Lean*.

A transparência é crítica nas três metodologias e emerge como um catalisador para a eficácia operacional, mas também serve como alicerce para o desenvolvimento sustentável e a inovação. No contexto do *Lean*, a transparência é um pilar que permite a identificação de desperdícios, e facilita a tomada de decisões informadas. A visibilidade completa dos processos e fluxos de trabalho possibilita a análise aprofundada e desencadeia melhorias contínuas com uma cultura de aprendizado organizacional imposta. Na era da Digitalização a transparência torna-se a espinha dorsal da confiança. A confiabilidade dos dados e a acessibilidade transparente a informações relevantes são cruciais para a construção de parcerias sólidas e a tomada de decisões baseada em dados confiáveis.

A visão a longo prazo é uma característica essencial para sustentar iniciativas e superar obstáculos temporários, e garante um compromisso consistente com os objetivos estratégicos e desempenha um papel significativo nas metodologias *Lean*, I4.0 e Digitalização, pois essas abordagens não são apenas sobre melhorias operacionais imediatas, mas também sobre a sustentabilidade e o crescimento a longo prazo. Na I4.0, a visão a longo prazo está centrada na transformação digital holística.

O envolvimento ativo dos funcionários é uma necessidade. Seja na execução de projetos *Lean*, na transição para a I4.0 ou na integração de soluções digitais, a participação e compreensão dos colaboradores são cruciais para o sucesso das iniciativas.

4 Caracterização da empresa em estudo

Este capítulo apresenta a empresa utilizada para o estudo de caso, qual a sua atividade, os seus clientes e fornecedores bem como o seu *layout* atual das instalações.

4.1 A empresa

A empresa David Maia e Filhos Lda. é uma microempresa de natureza familiar, localizada em Fornelo, Vila do Conde. Fundada em 15 de outubro de 2001. A David Maia e Filhos Lda. possui 11 funcionários, dos quais 3 pertencem à gestão, que tomam todas as decisões da empresa conjuntamente.

A David Maia e Filhos Lda. dedica-se à realização de obras com *pladur*, incluindo a instalação de paredes e tetos falsos, em diversos locais no país e em diferentes tipos de construções. As construções variam entre residências particulares e estabelecimentos comerciais, frequentemente localizados em *shoppings*. Dessa forma, os clientes são diversificados, o que implica grandes variações nas distâncias entre o armazém da empresa e os locais das obras, especialmente porque muitas lojas se situam em Lisboa.

A David Maia e Filhos Lda. dispõe de um armazém para armazenar todo o *stock* da empresa. O armazém tem dimensões de aproximadamente 690 metros quadrados (30x23). Este armazém lida com mais de 100 obras por ano.

4.2 Máquinas e materiais

Das máquinas e materiais auxiliares fazem parte os todos os constituintes necessários para a realização de uma obra de construção civil, concretamente andaimes (Figura 17).

Figura 17 - Material auxiliar. Andaimes

Dos materiais vários são consumíveis em obra nomeadamente, o tijolo, o pladur branco (Figura 18), o pladur verde (hidro-fogo), o pladur cor-de-rosa (corta-fogo), sacos de cimento, molhos de esferovite, calhas de diferentes dimensões, entre outros.

Figura 18 - Pladur branco.

4.3 Fornecedores

A empresa adota estratégias de identificação de fornecedores locais e negociação de prazos flexíveis para otimizar a sua logística.

A entrega dos materiais após encomenda ocorre até dois dias úteis, um prazo acessível que permite a continuidade eficiente dos projetos. O envio dos materiais é da responsabilidade dos fornecedores e só em casos excecionais, relacionados a pequenas quantidades e que não justifiquem o transporte por parte do fornecedor, são recolhidos pela empresa no fornecedor.

A empresa tem fornecedores diferentes para diferentes tipos de material, e também tem fornecedores que abastecem diretamente as obras.

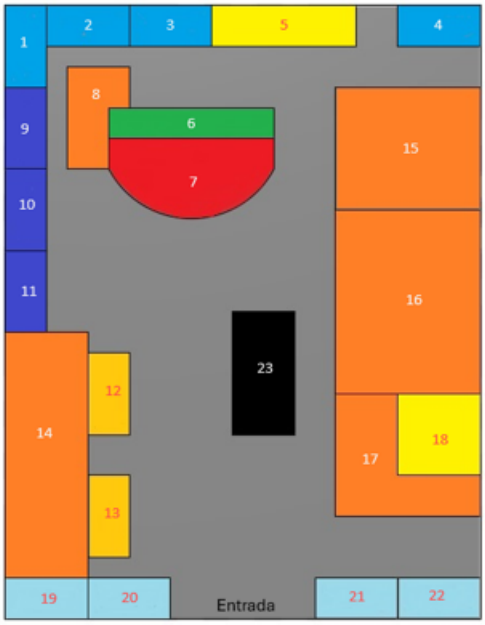
As placas de gesso, calhas e isolamentos no Norte são fornecidas pela Ponto Placa, enquanto em Lisboa pela Pointplaca. Consumíveis como cimento, tijolos, blocos, cimento de cola e massas para capoto são fornecidas no Norte pela Agal e em Lisboa para Odifercol. A Scat é o fornecedor de tintas e vernizes.

Os materiais e ferramentas auxiliares são comprados apenas em empresas do Norte, relativamente próximas ao armazém, o que revela a importância de não ficarem esquecidos estes materiais auxiliares sobretudo em obras distantes como as que são realizadas em Lisboa.

4.4 *Layout* do armazém

O *layout* do armazém está esquematizado na Figura 19, onde é possível identificar a entrada do armazém que corresponde também á saída visto só existir um portão. Também está

identificada a área 23 (preto), onde, usualmente, se estaciona a carrinha para carga e descarga dos materiais. As áreas destacadas em azul-claro, numeradas com 1, 2, 3, 4 correspondem às estantes de materiais auxiliares. As áreas numeradas com o 19, 20, 21 e 22 referem-se às estantes que armazenam materiais consumíveis, tais como massas e bases de chão. As estantes, representadas em azul-escuro, numeradas com o 9, 10 e 11 são destinadas ao armazenamento de calhas e raias. A área designada como número 6 contém uma estante de tintas, que são sobras de obras. A área destacada em vermelho, numerada como 7 refere-se às tintas que estão armazenadas no chão.



Legenda:

1, 2, 3 e 4 – Estantes onde são guardados materiais auxiliares;

5 e 18 – Andaimes (pequeno e grande, respetivamente);

6 – Estante de latas de tinta pequenas;

7 – Latas de tinta médias e grandes armazenadas no chão;

8, 14, 15, 16 e 17 – Diversos materiais que estão armazenados diretamente no chão;

9, 10, 11 – Estantes onde são guardadas as calhas e as raias;

12 e 13 – Placas de *pladur*

19, 20,21 e 22 – Estantes de materiais consumíveis em obra.

23 – Lugar de estacionamento.

Figura 19 - Layout do armazém

As áreas destacadas a laranja, referem-se a áreas cujos materiais estão armazenados no chão do armazém, ou seja, sem o recurso a estantes. A área 16 armazena algumas paletes de materiais novos, além de outras paletes de material que sobram de várias obras e que poderão ser utilizadas posteriormente, conforme as necessidades. Essas paletes novas são materiais consumidos à unidade como o tijolo, ou sacos de 40 Kg como os sacos de cimento.

A área 17 contém vários sacos de areia de 500 quilos, utilizados para fazer massa, e que estão em *stock*, sendo que apenas um é enviado para obra. Esta área juntamente com a área 16 dificultam o acesso à área 18, área onde está localizado o segundo andaime. Este andaime é

significativamente menos utilizado e encontra-se numa área de acesso mais restrito. A área 14 contém pacotes de esferovite e máquinas auxiliares, enquanto a área 8 também armazena máquinas auxiliares e várias caixas de ferramentas. A área 15 é dedicada a carrinhos de mão e máquinas de pintura (Figura 25).

A área 5 está reservada para o primeiro andaime, que é utilizado em praticamente todas as obras. A sua localização no armazém é oposta à entrada, situando-se no fundo do armazém. Durante o carregamento das carrinhas, o acesso ao andaime da área 5 é dificultado, pois no trajeto encontram-se a área 15 (com carrinhos de mão e máquinas de pintura) e a área 6 que contém as estantes de tintas, bem como todas as tintas espalhadas pelo chão (área 7). O acesso é difícil para pessoas, a carrinha não tem qualquer possibilidade de se aproximar desta área.

As estantes das áreas 19 e 20 são usadas para materiais auxiliares nas prateleiras superiores e na prateleira mais baixa encontram-se uma mistura de paletes de materiais que são carregados consoante as necessidades de obra.

5 Processo logístico da empresa

Este capítulo apresenta o processo logístico do funcionamento da empresa, desde que recebe uma encomenda, até finalizar a obra.

Devido à complexidade inerente à execução da produção no local da obra, que envolve a colaboração de múltiplas empresas num ambiente dinâmico, este estudo não se focou na logística de produção, mas sim na logística com conexão ao armazém da empresa. Especificamente, o *Lean* na logística, ou seja, a produção no local de obra, não foi objeto de intervenção devido à natureza fragmentada das equipas de trabalho, que consistem em diversas empresas atuando simultaneamente e que partilham ao mesmo tempo o mesmo espaço. Esta dinâmica pode variar de projeto para projeto, e exigem uma coordenação intensiva entre as empresas envolvidas para garantir a eficiência operacional. Cada obra é um projeto novo, o que dificulta a padronização de métodos pois cada produto é individualizado para o seu próprio local de obra.

A logística ligada ao armazém abrange tanto o processo de aquisição de matérias-primas quanto o de expedição dessas matérias para o local da obra, que por vezes ocorre simultaneamente, como quando o fornecedor entrega o material diretamente no local de trabalho. Dessa forma, a logística de distribuição convencional é diferente, pois não há necessidade de um armazém de produtos acabados para distribuição.

A necessidade de gerir de maneira eficaz os recursos disponíveis torna-se premente para garantir a eficiência operacional e a competitividade no mercado. Assim, foi estudada a logística de abastecimento e de distribuição.

5.1 Processamento dos trabalhos da empresa

O processo de encomendas começa quando o cliente contacta a empresa e especifica o projeto, a localização e as dimensões. Após a escolha dos materiais, o orçamento é elaborado e apresentado ao cliente. Em seguida, é verificado o *stock* disponível em armazém dos diversos materiais necessários. São então encomendados os materiais específicos que faltam para a obra e também são encomendados os materiais que o *stock* vai ficar muito baixo após a obra e que são gerais para a maioria das obras, ou seja, que se tem a certeza de que serão gastos e assim é garantido que haja *stock* suficiente para iniciar novas obras rapidamente, assim este tipo de material é reposto imediatamente, sem aguardar por outra obra.

A distância do armazém da empresa ao local de obra varia bastante, num raio de 300 quilómetros, havendo a necessidade de articular com os vários intervenientes o abastecimento de forma planeada no período pretendido.

Em cada obra há mais do que uma carga e descarga de veículos a abastecer a obra. Cada carregamento de veículo é feito por dois homens e demora cerca de uma hora e meia, bem como um descarregamento de material, assim existem no mínimo, 3 horas de trabalho em cargas e descargas por homem, ou seja, umas 6 horas de trabalho por obra.

Existem obras mais próximas da empresa, em que os veículos voltam ao armazém diariamente, e de uma forma relativamente simples consegue-se transportar o material esquecido ao armazém, com alguns prejuízos, mas poucos. As obras de longa viagem, que são a maioria das obras da empresa, necessitam de um carregamento bem feito e sem erros de materiais.

Algumas obras são lojas, maioritariamente localizadas em *shoppings.* As lojas em *shoppings* são muito exigentes devido às suas características particulares pois para além de apenas poderem ser efetuadas obras em horários específicos para não afetarem o funcionamento das demais lojas, também tem prazos curtos com datas estipuladas para a abertura de loja. Nestes casos, se não houver uma boa logística de abastecimento de obra, o processo pode sofrer atrasos por falta de materiais, pela falta de inventário e pela má gestão de *stock*. Atrasos também se podem dar pela desarrumação e falta de identificação e localização dos materiais. Alguns elementos da GT vivem sob *stress* e sobrecarregados visto não terem todo o processo logístico sob controlo, concretamente inexistência de gestão dos materiais.

5.2 Problemas do processo logístico do armazém

De acordo com o *layout* apresentado na Figura 19 do capítulo 4, apresentam-se nesta secção uma descrição de como o armazém se encontra e dos problemas logísticos nele existentes, concretamente devido à má organização global.

As estantes 1, 2 e 3 nas áreas mencionadas do *layout* são compostas por várias prateleiras que armazenam materiais de forma desorganizada. Além disso, há materiais como vassouras e canos encostados às estantes, o que contribui ainda mais para a desordem. Adicionalmente, esses materiais não estão catalogados num sistema informático, o que agrava a dificuldade de acesso, tornando mais complicado localizar os itens necessários quando preciso.

Os andaimes são habitualmente armazenados encostados à parede na área correspondente ao número 5 do *layout* do armazém (Figura 20). Esta localização é distante do local de carga dos veículos, devido à dificuldade de acesso imposta pela área das tintas e pelos carrinhos de mão. Consequentemente, há perda de tempo durante o processo de carga e descarga dos

andaimes, uma vez que é necessário realizar inúmeras deslocações entre o veículo e o andaime para transportar todas as peças. Estes componentes são demasiado pesados e não podem ser carregados de uma só vez, nem por uma única pessoa. Assim são precisas várias deslocações por parte de dois funcionários.

A localização atual dos andaimes, com acesso tão dificultado e que resulta num processo demorado de carga e descarga, é ineficiente e demorada.

Figura 20 - Andaimes na parede da área 5 do layout

A área dos andaimes (área 5) também apresenta dificuldades para movimentação de cargas devido à reduzida distância entre esta área e a prateleira das tintas (localizada na área 6). Além deste problema, a presença de canos e escadas encostados à prateleira das tintas agrava ainda mais a situação. Na área 8, há inúmeros materiais espalhados pelo chão, impedindo a passagem, e os acessos livres à estante 1,2 e 3. Também impossibilita o acesso às calhas da área 9 pelo empilhador.

Realizaram-se observações diretas da carga e descarga do andaime de um veículo, com anotação dos tempos respetivos. O trajeto de ida e volta através do único caminho possível, para a descarga do mesmo, atendendo à localização do veículo e onde se pretendia armazenar o andaime e a manobra de uma parte do andaime, resultando num valor médio de cerca de 76 segundos por peça do andaime. Observou-se que eram necessárias cerca de 10 deslocações de dois funcionários para que os andaimes fossem carregados ou descarregados o veículo na sua totalidade assim:

76 segundos a multiplicar por 10 viagens por 2 trabalhadores dá um tempo de cerca de 26 minutos para a descarga, e o mesmo tempo para a carga sempre que necessário. Assim, apenas para o andaime, entre cargas e descargas tem um valor médio total de cerca de 52 minutos. No mínimo, é efetuada uma carga e descarga de andaimes semanalmente, retirando as 2 semanas em que a empresa fecha para férias, obtém-se cerca de 50 cargas e descargas anuais. Assim 50 cargas e 50 descargas com um tempo médio de 52 minutos, totalizam anualmente cerca de 2600 minutos, ou seja, cerca de 43 horas por ano só para carregamento e descarregamento do andaime.

Assumindo o valor do salário mínimo em Portugal é de 4.65€/hora, equivale, a cerca de 200€/ano apenas para cargas e descargas de andaimes que não acrescentam valor ao produto para o cliente, sendo, portanto, desperdício.

Na Figura 21 mostra-se a estante e a área das tintas e respetiva desorganização.

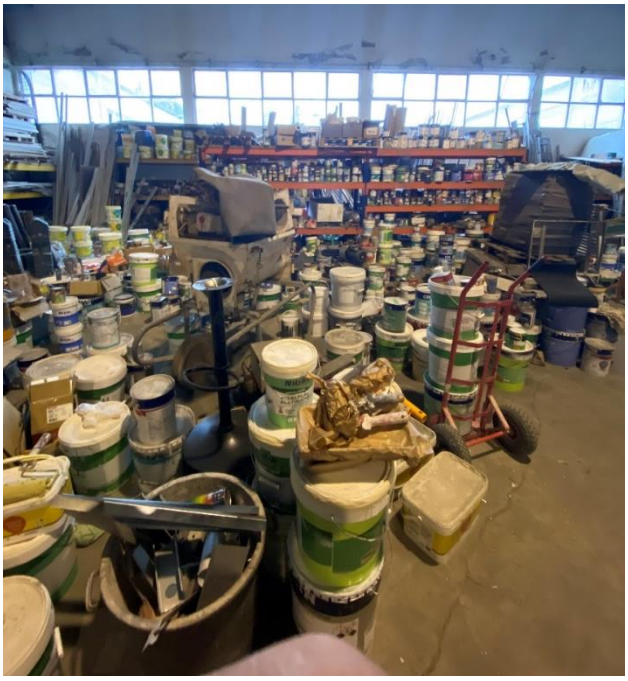


Figura 21 - Estante e área das tintas.

Grande parte das tintas são sobras de obras que voltam ao armazém e ficam armazenadas por tempo indefinido e de forma aleatória, podendo demorar anos a serem gastas, pois precisam de voltar a ser pedidas seja para retoques na mesma obra ou então para alguma obra nova de um novo cliente, neste último caso bem mais difícil de acontecer, devido à enorme variedade de cores de tinta existentes, conforme o livro na Figura 22.

Figura 22 - Livro da variedade de cores de tintas existentes.

Em sistema informático são tintas já consumidas e que não estão presentes em *stock* assim, quando voltam a ser pedidas dificilmente são encontradas face à grande quantidade de tinta existente, e também ao facto de não haver um registo da sua localização e procura ser por memória, resultando na aquisição de mais tinta. Desta maneira, as latas de tintas continuam acumuladas, ocupando espaço, com uma probabilidade muito reduzida de serem reutilizadas.

Cada lata de tinta tem três preços em média consoante os seus tamanhos, 15 euros as de litro, 55 euros para uma lata de 5 litros e as latas de 15 litros custam 105 euros. Assim, o não reaproveitamento de cada lata de tinta antiga é desperdício de dinheiro para a empresa. A empresa tem um *stock* acumulado aproximado de cerca de 100 latas grandes (15 litros), 100 latas médias (5 litros) e 200 latas pequenas (1 litro), que dá um valor de cerca de 19000 euros parados, que para uma PME é um valor considerável.

A área 7 encontra-se à frente do armazém das calhas e como tem vários artigos em locais não apropriados, como materiais auxiliares, caixas de ferramentas e algumas máquinas, um bidão de 1000 litros, e material obsoleto, como o caso de restos de madeira está dificultado o acesso às calhas, e impossibilita a passagem no armazém, e o acesso ao andaime que é menos utilizado (Figura 23).

Figura 23 - Material no meio do caminho (área 7)

Na Figura 24, que se refere às áreas 16, 17 e 18 do *layout* do armazém, observa-se que na parte posterior se encontram andaimes da empresa, os quais são menos utilizados comparativamente com os da área 5 e estes andaimes são utilizados em média 3 vezes ao ano.

Figura 24 - Área de andaime e materiais auxiliares

Na parte frontal desses andaimes, há uma quantidade significativa de material auxiliar, dificultando o acesso aos mesmos. Sempre que esses andaimes são requisitados, mesmo que apenas parcialmente, o processo de carregamento para o veículo, torna-se demorado devido à presença do material alocado à frente dos andaimes, que necessita ser removido para que o empilhador possa aceder aos andaimes. Além disso, há também uma quantidade considerável de material disposto sobre os andaimes, o qual precisa também de ser removido.

A forma empilhada com que as plataformas dos andaimes são armazenadas implica que, mesmo que seja necessária apenas uma parte do andaime, seja necessário retirar todo o material para se conseguir extrair a parte ou totalidade de andaime necessária (Figura 25).

Figura 25 - Sobreposição de partes do andaime

Na área 21, que se localiza à frente dos andaimes há vários sacos de areia de meia tonelada e que dificultam o acesso aos andaimes (Figura 26).

Figura 26 - Sacos de areia de meia tonelada

No *layout* do armazém, as áreas 12 e 13 representam o armazém do *pladur*, que se encontra em várias sobreposições de material. Existem diferentes tipos de *pladur*, no entanto, todo

este *pladur* está dividido em apenas duas colunas, havendo uma sobreposição de diferentes *pladur* no mesmo empilhamento (Figura 27).

Figura 27 - Material sopreposto no pladur.

Existem materiais que devido à má gestão do espaço, ficam em cima do *pladur* empilhado. Assim, quando são necessárias placas de *pladur* para uma obra, ou recolocar sobras de *pladur* no local original, é necessário, primeiro retirar os materiais e colocados em cima do *pladur*.

Realizaram-se observações diretas com registo de tempos para a descarga de um veículo com material que sobrou de uma obra, a totalidade da descarga era cerca de 67 minutos.

Para a descarga do *pladur* e a sua alocação no devido lugar, foram gastos cerca de 8 minutos. Esse facto deveu-se à área 12 e 13 estarem muito próximas da área 23, não permitindo ao empilhador fazer manobras. Assim, foi necessário colocar veículo na parte exterior do armazém aumentando o trajeto das deslocações. Para o armazenamento foi necessário retirar todo o material em cima do *pladur*, em seguida ir à parte externa do armazém e trazer o *pladur* que estava no veículo.

Este processo para além de moroso também pode ser considerado perigoso devido à altura dos materiais que são sobrepostos (Figura 28).

Figura 28 - Processo de sobreposição de pladur.

Para facilitar a identificação dos problemas se encontrou e respetivas causas, apresenta-se a Tabela 14, posteriormente serão apresentadas propostas de melhoria para colmatar estes problemas.

Tabela 14 - Problemas e causas encontrados no armazém

Causas	**Problemas**
Material desorganizado	Dificuldade e demora em encontrar material
Local de armazenamento do andaime longe do local de carga/descarga e também é um local de acesso limitado	Andaimes mais usados de difícil e demorada carga e descarga
Tintas que sobrantes de obras com pouca utilização e sem localização identificada em sistema informático e com armazenamento aleatório desorganizado.	Tintas a ocupar muito espaço sem processo de reciclagem.
Material que bloqueia acessos e passagens	Difícil e demorado acesso a material auxiliar calhas e raias
Desarrumação e falta de local fixo para armazenamento dos materiais auxiliares e das máquinas.	Esquecimento no armazém de materiais auxiliares e de máquinas que serão necessárias em obra
Materiais alocados indevidamente à frente e em cima do andaime	Difícil e demorado acesso aos andaimes menos usado
Sobreposição de placas de *pladur*, ainda sobreposto com diverso material	Perda de tempo útil na carga/descarga de *pladur*
Materiais armazenados aleatoriamente no armazém em locais distantes	Demoras na procura de sacos de materiais

Outro problema identificado resulta da elevada desorganização e a falta de localização de alguns materiais auxiliares que originaram materiais serem esquecidos faltando na obra.

O esquecimento e consequente erro, proporcionou prejuízos graves em horas de trabalho por parte de toda a equipa (10 Homens) e esses problemas ainda poderão ser mais graves consoante o aumento da distância da obra, como as obras dos *shoppings* de Lisboa. Esses atrasos proporcionam prejuízos de no mínimo, 4,65€/hora que multiplicado por 10 funcionários dá um valor mínimo de prejuízo de 46,5€ por hora, ou seja, de cerca de 465 euros ao dia, isto caso não haja consequências mais graves que possam resultar em indemnizações ou até mesmo a perda do cliente por não se cumprirem os prazos estipulados para a finalização da obra.

Para além deste prejuízo grave sobretudo para uma PME, ainda se soma como prejuízo o valor de um outro transporte para o material em falta, que numa obra em Lisboa, por exemplo, a um consumo mínimo de 7 Litros a cada 100 quilómetros e o combustível a 1,78 euro por litro após 680 quilómetros feitos com ida e volta incluída, estaríamos a considerar um gasto acrescido de no mínimo 85 euros em combustível mais os 37,2 euros do salário de um trabalhador, caso não fosse necessário contratar um transportador externo que ficaria mais caro e talvez não fosse possível entregar no próprio dia.

Assim, aos 465 euros soma-se mais 85 euros do combustível e mais 37,2 euros sendo o prejuízo mínimo total de um acontecimento destes de cerca de 587 euros.

6 Propostas de melhoria e resultados

Este capítulo apresenta algumas propostas que podem ser aplicadas para melhorar a logística da empresa do estudo de caso e os seus problemas logísticos de armazenagem, recorrendo ao *Lean* e como isso pode ser vantajoso, ao melhorar os recursos disponíveis, repercutindo diretamente na produtividade da equipa e evitando atrasos e erros, influenciando o lucro.

Essa análise visou não apenas aprimorar a eficiência operacional diária, mas também fortalecer a competitividade e estabelecer uma base sólida para o crescimento futuro da empresa, ao reduzir atividades sem valor, desperdícios para poder melhorar o lucro empresarial procurando estratégias para minimizar os tempos de espera, controlar os *stock* e aprimorar a logística de abastecimento, ao reduzir os problemas encontrados no armazém e as suas causas.

Para as causas e problemas encontrados no armazém na carga e descarga de materiais, foram propostas as possível melhorias (Tabela 15), com o objetivo de diminuir a espera e os erros, o excesso de movimentações e de transporte e assim rentabilizar o trabalho e cumprir prazos dos clientes, economizando tempo, combustível e mão-de-obra.

Tabela 15 - Causa e problema VS solução

Causas	Problemas	Propostas de melhoria
Material desorganizado	Dificuldade e demora em encontrar material	5S, novo *layout* do armazém.
Local de armazenamento do andaime longe do local de carga/descarga e também é um local de acesso limitado	Andaimes mais usados de difícil e demorada carga e descarga	Novo *layout* do armazém.
Tintas que sobrantes de obras com pouca utilização e sem localização identificada em sistema informático e com armazenamento aleatório desorganizado	Tintas a ocupar muito espaço sem processo de reciclagem.	5S, Criação de base de dados em Excel com código da cor da tinta e localizações identificadas em armazém para a sua localização; Reutilização. Eliminação das mais antigas. Novo *layout*.
Material que bloqueia acessos e passagens	Difícil e demorado acesso a calhas e raias	5S.
Desarrumação e falta de local fixo para armazenamento dos materiais auxiliares e das máquinas.	Esquecimento no armazém de materiais auxiliares e de máquinas que serão necessárias em obra	5S, trabalho padronizado, Criação de folhas de serviço.
Materiais alocados indevidamente à frente e em cima do andaime	Difícil e demorado acesso ao andaime menos usado	5S, Novo *layout* do armazém.
Sobreposição de placas de Pladur, ainda sobreposto com diverso material	Perda de tempo na carga/descarga de pladur	5S, novo *layout* do armazém.
Materiais armazenados aleatoriamente no armazém em locais distantes	Demoras na procura de sacos de materiais	5S, novo *layout* do armazém.

A desorganização dos materiais dificulta a procura e o acesso ao material que se pretende, inclusive podem estar perdidos, não se encontrando de todo, quando são necessários. Além disso, com a desorganização o espaço ocupado é maior do que o espaço real necessário. Assim, a proposta de melhoria é aplicar os 5S, onde os itens mais frequentemente utilizados são posicionados mais próximos ao acesso e posterior carga, os que não têm utilidade são eliminados para melhorar a arrumação dos espaços e identificação dos recursos efetivamente disponíveis. Os 5S facilitam a visualização e a padronização, a identificação dos materiais e dos seus respetivos lugares permanentes possibilitando também um maior controlo de *stock*, limpeza de resíduos e materiais não necessários e assim o ambiente permanece organizado, com autodisciplina (melhoria contínua). Com esta aplicação dos 5S, o material que não é usado há muito tempo e que se estima que já não será usado, é encaminhado para a reciclagem. Ao reorganizar o material de acordo com os 5S e aplicar um novo *layout*, evitou-se o erro de esquecimento de material, que poderia resultar num prejuízo de 587 euros. Esses dados quantitativos demonstram as significativas melhorias alcançadas com a implementação dessas práticas no caso de estudo.

No novo *layout*, os materiais de menor frequência de uso são estrategicamente posicionados em locais mais distantes da área de carga e descarga dos veículos, ocupando também os espaços mais altos das estantes. Dessa forma, os materiais de maior rotatividade, são colocados nas prateleiras mais baixas, permanecendo próximos aos veículos de carga. Esta organização é lógica, pois materiais com maior procura e frequência de movimentação devem estar localizados próximos às áreas de recolha para evitar perdas de tempo tanto na descarga e armazenagem assim como nas movimentações, o que resultará em cargas e descargas mais rápidas. As cargas de 1h 30 por carrinha resultaram em cargas de cerca de 30 min, bem como as descargas, o que resulta em poupanças anuais de cerca de 100 horas de trabalho. Uma grande parte destas é devido ao novo e mais organizado local de carga do andaime da área 5.

Com o andaime da área 5 perto do local da carrinha estimam-se 16 segundos de demora por carga de componente, poupando cerca de 1 minuto por trajeto, o que resultaria em 333,33 minutos que daria 5,55 horas por ano, cerca de 6 horas, ou seja, uma poupança de 37 horas de trabalho anual, apenas com a carga e descarga dos andaimes. Este cálculo foi efetuado tendo em conta as distâncias percorridas anteriormente e as atuais consoante o tempo demorado para percorrer cada metro, e supôs-se que o tempo para pegar nas peças do andaime seria o mesmo.

Para as tintas espalhadas a ocupar espaço e que na grande maioria não voltam a ser usadas nem sofrem um processo de reciclagem, a proposta de melhoria foi a criação de uma base de dados em Excel com o código da cor da tinta e os lugares onde foi armazenada, para permitir com uma simples pesquisa de *Excel* descobrir se há a tinta que é necessária e onde está armazenada e assim poder ser reutilizada, dado o seu consumo de stock tal e qual a Figura 29.

Código da Tinta	Referência	Stock Inicial (L)	Stock Atual (L)	Cor	DV	Local	Stock consumido
1	13337-001/0000	50	40	Beje	03.12.2026	E1-02-15	10

Figura 29 - Exemplo de um material da base de dados em Excel das tintas existentes.

A coluna do "Local" indica onde se encontra a tinta: E1 significa Estante um, o "02" indica o nível de altura, ou seja, está no 2º andar e o "15" significa uma medida em cumprimento, que vai do lugar um ao quinze.

As datas de validade também são todas registadas no Excel para poderem ser recicladas quando já não é possível serem usadas, permitindo libertar espaço para novas tintas que sobram de novas obras e que também são registadas na base de dados.

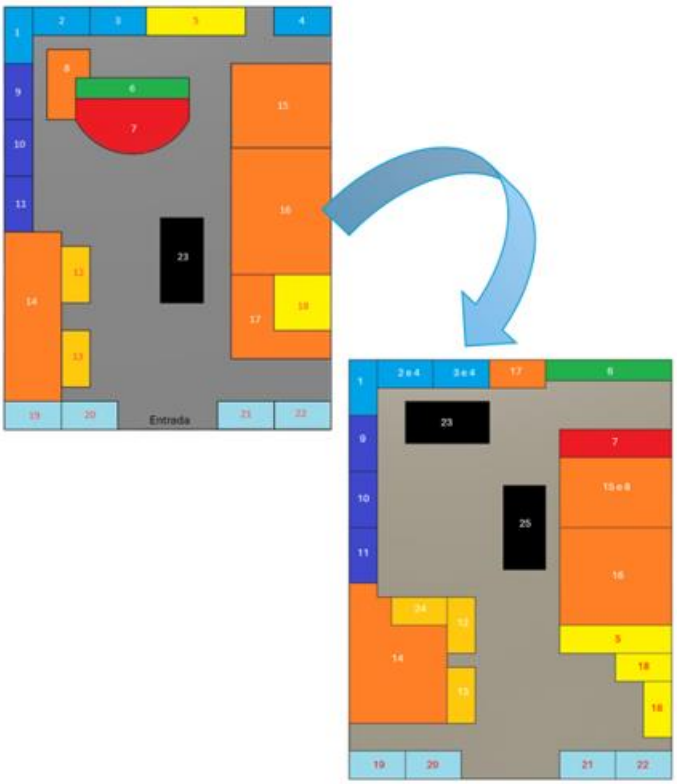
No final do ano, estima-se utilizar 5% das latas grandes, 5% das latas médias e 20% das latas pequenas, resultando numa poupança de 1 400 euros. Adicionalmente, as latas de tinta poderiam ser vendidas a clientes com um preço reduzido para uso doméstico, dado que, na sua maioria, são obras menores. A diversidade de tintas em *stock* na empresa, embora com pequenas quantidades de cada cor, facilita a reutilização nestes casos. Incrementando em 10% as poupanças com as latas médias e grandes, a economia potencial passaria de 1 400 euros para 3 000 euros.

Ao implementar a organização das tintas recorreu-se aos 5S na área 6 e do chão da área 7. As tintas ocupavam bastante espaço central e dificultavam acesso ao andaime da área 5 e à circulação do empilhador nas áreas 9 e 10. No novo *layout* deu-se um novo lugar também a estas duas áreas. Colocar a data de validade dos materiais no ficheiro *Excel*, permitiu detetar a possibilidade de se aproximar a DV tentando arranjar uma solução onde o material seja consumido com a maior brevidade numa outra obra, ou então, em caso de não haver essa possibilidade de uso, que seja possível assim que a DV seja atingida o material seja eliminado do armazém libertando espaço.

A implementação de técnicas *Lean* levou a um novo *layout* do armazém. Neste armazém, era imprescindível designar um novo local de armazenamento para os andaimes, que permitisse uma fácil carga e descarga. Adicionalmente, as ferramentas da área 8 também foram relocadas para um novo espaço de armazenamento. Com a realocação das áreas 6 e 7, destinadas às tintas, a área 8 deixou de obstruir a passagem para os andaimes. No entanto, as ferramentas da área 8 ainda impediam o acesso à estante das calhas na área 9 tanto para o veículo de transporte como para o empilhador, o que tornou necessário atribuir-lhes um novo local de armazenamento.

O novo *layout* de armazém proposto (Figura 30) contém as alterações que o armazém necessita para que o processo funcione de forma adequada, com material organizado e de fácil acesso,

principalmente para os materiais mais utilizados, evitando tempos de espera e se consigam cargas de carrinha mais eficientes e menos demoradas.



Legenda do Layout proposto:

1, 2, 3 e 4 – Estantes onde são guardados materiais auxiliares;

5 e 18 – Andaimes (pequeno e grande, respetivamente);

6 – Estante de latas de tinta pequenas;

7 – Latas de tinta médias e grandes armazenadas no chão;

8, 14, 15, 16 e 17 – Diversos materiais que estão armazenados diretamente no chão;

9, 10, 11 – Estantes onde são guardadas as calhas e as raias;

12, 13 e 24 – Placas de *pladur*

19, 20,21 e 22 – Estantes de materiais consumíveis em obra.

23 e 25 – Locais de estacionamento

Figura 30 - Layout proposto

A aplicação dos 5S possibilitou que o material das estantes 1, 2, 3 e 4 ocupassem menos espaço, pois algum deste material seria enviado para a reciclagem e o material que permanecesse ficaria mais organizado, assim o material da estante 4 passou a ser arrumado junto das estantes 1, 2 e 3.

A estrutura sem material, foi usada na área 18 para armazenar os suportes superiores do andaime dessa mesma área, evitando a sobreposição de várias partes do andaime, facilitando a carga de pequenas partes do andaime. O acesso ao andaime também ficou facilitado pois os sacos de areia da área 17 que estavam em frente do andaime da área 18, foram colocados no antigo local do andaime mais pequeno, ou seja, na antiga área 5. Assim estima-se que das 3 vezes que o

andaime é necessário ao ano seja necessário apenas uma hora na sua carga e outra na descarga, comparativamente com as habituais 8 horas, resultando numa melhoria de menos 16 horas de trabalho ao ano.

As tintas ocupavam um espaço central e dificultavam acessos às partes mais para o fundo do armazém, afetando tanto o acesso ao andaime da área 5 como os acessos do empilhador às áreas 9 e 10. As tintas foram encaminhadas para a antiga zona da estante 4, com base de dados e localização em armazém e datas de validade e datas da última utilização, para poderem ser mandadas também para a reciclagem para não haver excesso de *stock* antigo. A base de dados das tintas por obra possibilitou a verificação de existências para retoques em obras antigas onde sobraram tintas, visto que permitiu encontrar as tintas em tempo útil, quando existiam.

A área 16 manteve as paletes de material novo, no entanto armazena também os andaimes mais usados pela empresa, referentes à área 5 e que assim terão um novo local de carga/descarga, bem mais facilitado.

Os andaimes ocuparam os locais das paletes que foram movidas para a parte inferior das estantes 19 e 20. Para isso foi necessário alterar o nível de altura da primeira prateleira destas estantes para uma altura de 120 centímetros, para que permitissem a altura das paletes, de acordo com as suas dimensões de chegada ao armazém (Tabela 16).

Tabela 16 - Dimensões das paletes de tijolo, massa e base de chão

Palete	Altura (cm)	Largura (cm)	Profundidade (cm)
Tijolo	105	101	101
SEMIN (massa pronta)	114	85	106
Weber floor base (base de chão)	60	50	120

Os materiais que já eram carregados desta primeira prateleira continuaram, mas passaram a estar a uma altura de 120 centímetros, altura essa adequada em termos de ergonomia para pegar nos sacos.

Desta forma, os materiais que são carregados saco a saco passaram a ser carregados todos no mesmo local, evitando-se deslocações desnecessárias para carregar os veículos, pois encontravam-se espalhados entre as áreas 19 e 20 e também pela área 16.

As ferramentas e materiais da área 8 no novo *layout* tem um novo local de armazenagem. Após 5S realizado as ferramentas foram armazenadas na área 14. Com esta mudança pretende-se facilitar o acesso do veículo a vários locais do armazém para serem realizadas menores distâncias para as cargas e descargas bem como se pretende facilitar o acesso do empilhador às calhas e raias e estantes de material auxiliar, assim permitindo o acesso a cinco áreas: a área 1, 2, 3, 9 e 10.

Foi acrescentada a área 24 junto à área 14, que na verdade são placas de *pladur*, evitando-se sobreposição de diferentes *pladur*, que originariam perdas de tempo consideráveis.

Uma outra medida que se pretendia implementar era o planeamento antecipado do material necessário a ser transportado para determinada obra e elaboração da sua respetiva folha de serviço, ou seja, uma *checklists* para confirmar à medida que se carregava o veículo evitando esquecimentos de materiais, ou seja, um sistema anti erro que colmataria os esquecimentos.

Na área 15, junto com os carrinhos de mão e betoneiras pretende-se elaborar locais específicos para as mangueiras e outras ferramentas permitindo assim ser visível a falta de algum material que ainda não está carregado no veículo e que faz parte da *checklists*.

Diversas medidas *Lean* não puderam ser aplicadas devido às especificidades da empresa e do setor da construção e também por serem medidas *Lean* mais ligadas à produção.

7 Conclusão e trabalho futuro

Este capítulo apresenta as conclusões principais e oferece algumas recomendações para futuros trabalhos.

7.1 Conclusão

A presente dissertação teve como objetivo analisar o potencial da integração do LL no desenvolvimento de PME e como se poderia tornar competitivo.

O *Lean* é um conceito novo e em desenvolvimento em PME mesmo na parte produtiva que é de onde surgiu o conceito, assim os estudos são ainda abrangentes e superficiais e não aprofundados em áreas específicas como a da logística. Apesar do *Lean* ser conhecido, é direcionado para a parte produtiva de grandes empresas sobretudo empresas de manufatura, sendo, no entanto, o *Lean* em PME é um tema recente e com escassa literatura, onde os primeiros artigos datam de 2013. Na RSL realizada, 80% dos artigos estão ligados a empresas de manufatura e apenas foram encontrados dois artigos que envolvessem o LL e PME.

Esta RSL serviu para identificar as barreiras, FCS, vantagens, métodos e ferramentas mais aplicadas do *Lean* em PME. As barreiras, como recursos limitados e resistência à mudança mostraram-se significativas, e o compromisso da GT emergiu como o fator mais crucial para o sucesso da implementação.

Os recursos da empresa, principalmente humanos, são limitados e são a barreira principal para a introdução do *Lean* numa microempresa, já o compromisso da GT é o FCS mais importante, fato comprovado pois foi difícil convencer a GT a aplicar o *Lean* pelo ritmo intenso de trabalho e pouco tempo de sobra colocando entraves à mudança organizacional, por falta de compreensão do *Lean* e falta de tempo em aprender sobre o mesmo.

A dissertação também explorou as interseções entre o *Lean*, a I4.0 e a digitalização, identificando como uma abordagem holística pode melhorar o desempenho das PME e verificou-se que estas metodologias compartilham barreiras e FCS, o que facilita a sua introdução gradual e integrada. Observou-se que, em países desenvolvidos a implementação do *Lean* em PME está mais avançada em comparação com países em desenvolvimento.

Os horários apertados são uma das barreiras encontradas em PME de construção e que também foram encontradas na empresa do estudo de caso. Esta barreira do local de obra influencia o comportamento no armazém e na logística, pois há prazos a cumprir, consequentemente serão reduzidos também nas cargas e descargas, havendo impacto nos custos a existência de erros.

Após a identificação de alguns problemas na microempresa familiar na área da construção, foi possível estudar as propostas de melhoria através de práticas *Lean* simples e eficazes, como o 5S e a melhoria de *layout* do armazém, que resultariam em melhorias operacionais.

A informatização é um processo dispendioso para as PME, mas utilizando ferramentas acessíveis como o Excel, foi possível gerir mais eficientemente os *stock*, no caso os das tintas. Com isto é possível utilizar parte das tintas do *stock* e obter algum retorno financeiro.

As melhorias na gestão de *stock* e na organização do armazém demonstraram ser benéficas, eliminando desperdícios de espaço, de movimentações e transporte melhorando a utilização dos recursos.

Conclui-se que a implementação de metodologias *Lean* em PME é não apenas viável, mas também vantajosa, desde que haja um compromisso real da gestão e uma adaptação às especificidades da empresa, especialmente em contextos logísticos.

7.2 Trabalho futuro

Este estudo proporciona uma base para futuras pesquisas da aplicabilidade do *Lean* em PME, e mostra que são necessários mais estudos em PME focados na logística de produção, e também em PME que não sejam de manufatura, visando aprofundar a aplicação do *Lean* em diferentes áreas de atuação das PME, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e competitivo dessas empresas.

Referências Bibliográficas

Abdullah, A., Saraswat, S., & Talib, F. (2023). Barriers and strategies for sustainable manufacturing implementation in SMEs: A hybrid fuzzy AHP-TOPSIS framework. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, *2*, 100012. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100012

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/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.023

Alkhoraif, A., & McLaughlin, P. (2018). Lean implementation within manufacturing SMEs in Saudi Arabia: Organizational culture aspects. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, *30*(3), 232–242. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jksues.2018.04.002

Alkhoraif, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2019). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*, *6*, 100089. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.100089

AlManei, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs. *Procedia CIRP*, *63*, 750–755. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.170

Ani, M. (2012). The Effectiveness and Impacts of One Piece Flow Manufacturing Technique into Manufacturing Industries. *3ª International Conference on Engineering and ICT (ICEI2012).*

Antosz, K., & Stadnicka, D. (2017). Lean Philosophy Implementation in SMEs – Study Results. *Procedia Engineering*, *182*, 25–32. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.107

Azizi, A., & a/p Manoharan, T. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, *2*, 153–158. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027

Bowersox, D. J. (1997, October). Integrated supply chain management: a strategic imperative. *Proceedings Council of Logistics Management 1997 Annual Conference*.

CIL, I. D. H. I. Y. Berfin. (2020). *Lean Logistics in the 2020s and a Case Study About Logistics and Supply Chain Management in Toyota Boshoku Turkey.*

Denyer, D. ; T. D. (2009). Producing a systematic review. In D. A. ; B. A. Buchanan (Ed.), *The Sage handbook of organizational research methods* (Sage Publications, pp. 671–689).

Dhir, A., Talwar, S., Islam, N., Alghafes, R., & Badghish, S. (2023). Different strokes for different folks: Comparative analysis of 3D printing in large, medium and small firms. *Technovation*, *125*, 102792. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102792

Dóra Horváth, R. Zs. S. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, *146*, 119–132.

Eivindson, E., Innvær, B. E., Kolberg, E., Merschbrock, C., & Rolfsen, C. N. (2017). Inefficiencies in Norwegian Small-scale Construction, or the Problem of too Long Trucks? *Procedia Engineering*, *196*, 543–549. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.028

Elafri, N., Tappert, J., Rose, B., & Yassine, M. (2022). Lean 4.0: Synergies between Lean Management tools and Industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*, *55*(10), 2060–2066. https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2022.10.011

Elkhairi, A., Fedouaki, F., & Alami, S. El. (2019). Barriers and Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in SMEs. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 565–570. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.303

Fiorello, M., Gladysz, B., Corti, D., Wybraniak-Kujawa, M., Ejsmont, K., & Sorlini, M. (2023). Towards a smart lean green production paradigm to improve operational performance. *Journal of Cleaner Production*, *413*, 137418. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137418

Frank, Z., Eftal, O., & Engelbert, W. (2013). Lean and Proactive Liquidity Management for SMEs. *Procedia CIRP*, *7*, 604–609. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.040

Gamache ing., S., & Abdulnour ing., G. (2016). Dynamic Manufacturing Cells and SME Network: Key Success Factors. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(12), 851–856. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.881

Grube, D., Malik, A. A., & Bilberg, A. (2019). SMEs can touch Industry 4.0 in the Smart Learning Factory. *Procedia Manufacturing*, *31*, 219–224. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.035

Hickey, B., Gachon, D. C., & Cosgrove, D. J. (2023). Digital Twin – A Tool for Project Management in Manufacturing. *Procedia Computer Science*, *217*, 720–727. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.268

Hoellthaler, G., Braunreuther, S., & Reinhart, G. (2018). Digital Lean ProductionAn Approach to Identify Potentials for the Migration to a Digitalized Production System in SMEs from a Lean Perspective. *Procedia CIRP*, *67*, 522–527. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.255

Horváth, D., & Szabó, R. Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, *146*, 119–132. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021

Iyer, A. , S. S. , & V. R. (2009). *Toyota supply chain management: a strategic approach to the principles of Toyota's renowned system.* McGraw-Hill Professional.

Jituri, S., Fleck, B., & Ahmad, R. (2018). Lean OR ERP – A Decision Support System to Satisfy Business Objectives. *Procedia CIRP*, *70*, 422–427. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.048

Jones, D. T. , H. P. , & R. N. (1997). Lean logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *27*, 153–173.

Jones, D. T., Hines, P., & Rich, N. (1997). Lean logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *27*(3–4), 153–173. https://doi.org/10.1108/09600039710170557

Klimecka-Tatar, D., & Ingaldi, M. (2022). Digitization of processes in manufacturing SMEs - value stream mapping and OEE analysis. *Procedia Computer Science*, *200*, 660–668. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.264

Kolla, S., Minufekr, M., & Plapper, P. (2019). Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. *Procedia CIRP*, *81*, 753–758. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.189

Kosasih, W., Pujawan, I. N., Karningsih, P. D., & Shee, H. (2023). Integrated lean-green practices and supply chain sustainability framework. *Cleaner and Responsible Consumption*, *11*, 100143. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100143

Kumar, M., Vaishya, R., & Parag. (2018). Real-Time Monitoring System to Lean Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, *20*, 135–140. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.019

Kumiega, A. ; V. V. B. (2008). Kaizen: Continuous Improvement. In *Quality Money Management* (Elsevier, pp. 271–277).

Liker, J. K. (2005). The Toyota Way and Supply Chain Management. In *OESA Lean to Survive Program*.

Martin, N. L., Dér, A., Herrmann, C., & Thiede, S. (2020). Assessment of Smart Manufacturing Solutions Based on Extended Value Stream Mapping. *Procedia CIRP*, *93*, 371–376. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.019

Matt, D. T., & Rauch, E. (2013). Implementation of Lean Production in Small Sized Enterprises. *Procedia CIRP*, *12*, 420–425. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.09.072

Menghi, R., Domizio, G. Di, Papetti, A., Germani, M., & Marconi, M. (2020). An energy assessment method for SMEs: case study of an Italian mechanical workshop. *Procedia Manufacturing*, *43*, 56–63. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.107

Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., & Lelievre, A. (2016). Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(12), 71–76. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.552

Mofolasayo, A., Young, S., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing. *Procedia Computer Science*, *200*, 934–943. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.291

Mohammad, I. S., & Oduoza, C. F. (2019). Interactions of Lean enablers in Manufacturing SMEs using Interpretive Structural Modelling Approach - a case study of KRI. *Procedia Manufacturing*, *38*, 900–907. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.172

Mourtzis, D., Fotia, S., Gamito, M., Neves-Silva, R., Correia, A., Spindler, P., Pezzotta, G., & Rossi, M. (2016). PSS Design Considering Feedback from the Entire Product-service Lifecycle and Social Media. *Procedia CIRP*, *47*, 156–161. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.092

Müller, R., Vette, M., Hörauf, L., Speicher, C., & Burkhard, D. (2017). Lean Information and Communication Tool to Connect Shop and Top Floor in Small and Medium-sized Enterprises. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1043–1052. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.215

Munteanu, V., & Ştefănigă, A. (2018). Lean Manufacturing in SMEs in Romania. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *238*, 492–500. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.028

Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, *3*, 890–897. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124

Oliveira, G. A., Piovesan, G. T., Setti, D., Takechi, S., Tan, K. H., & Tortorella, G. L. (2022). Lean and Green Product Development in SMEs: A Comparative Study between Small- and Medium-Sized Brazilian and Japanese Enterprises. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *8*(3), 123. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/joitmc8030123

Oliveira, G. A., Tan, K. H., & Guedes, B. T. (2018). Lean and green approach: An evaluation tool for new product development focused on small and medium enterprises. *International Journal of Production Economics*, *205*, 62–73. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.026

Paladugu, B. S. K., & Grau, D. (2019). Toyota Production System - Monitoring Construction Work Progress with Lean Principles. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering.* https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11512-7

Papetti, A., Marilungo, E., Gregori, F., & Germani, M. (2016). Driving Process Innovation: A Structured Method for Improving Efficiency in SMEs. *Procedia CIRP*, *50*, 448–453. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.143

Paul-Eric, D., Rafael, P., Cristiane, S., & Joao, C. J. (2020). How to use lean manufacturing for improving a Healthcare logistics performance. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1657–1664. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.231

Pearce, A., Pons, D., & Neitzert, T. (2018). Implementing lean—Outcomes from SME case studies. *Operations Research Perspectives*, *5*, 94–104. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.02.002

Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, *7*, 174–180. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3

Rajab, S., Afy-Shararah, M., & Salonitis, K. (2022). Using Industry 4.0 Capabilities for Identifying and Eliminating Lean Wastes. *Procedia CIRP*, *107*, 21–27. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.004

Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T. (2017). Critical Factors for Introducing Lean Product Development to Small and Medium sized Enterprises in Italy. *Procedia CIRP*, *60*, 362–367. https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2017.01.031

Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 899–903. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309

Saiba que critérios definem uma PME. (2022, November 10). Http://Www.Pofc.Qren.Pt/Media/Noticias/Entity/Saiba-Que-Criterios-Definem-Uma-Pme. http://www.pofc.qren.pt/media/noticias/entity/saiba-que-criterios-definem-uma-pme

Sieckmann, F., Ngoc, H. N., Helm, R., & Kohl, H. (2018). Implementation of lean production systems in small and medium-sized pharmaceutical enterprises. *Procedia Manufacturing*, *21*, 814–821. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.188

Sousa, P., Tereso, A., Alves, A., & Gomes, L. (2018). Implementation of project management and lean production practices in a SME Portuguese innovation company. *Procedia Computer Science*, *138*, 867–874. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.113

Suleyman Karabuk. (2007). Modeling and optimizing transportation decisions in a manufacturing supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *43*(4), 321–337.

Thomé, A. M. T. ; S. L. F. ; S. A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control*, *27*, 408–420.

Vijayan, K. K., & Mork, O. J. (2020). IdeaLab: A Learning Factory Concept for Norwegian Manufacturing SME. *Procedia Manufacturing*, *45*, 411–416. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.045

Wang, J., Du, Y., Wang, Z., Yu, F., & Zheng, C. (2022). Survey of manufacturing systems in SMEs: A focus on cell management. *Procedia CIRP*, *107*, 1491–1496. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.180

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Rawson Associates/MacMillan.

Woschank, M., & Dallasega, P. (2021). The Impact of Logistics 4.0 on Performance in Manufacturing Companies: A Pilot Study. *Procedia Manufacturing*, *55*, 487–491. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.066

Apêndice 1

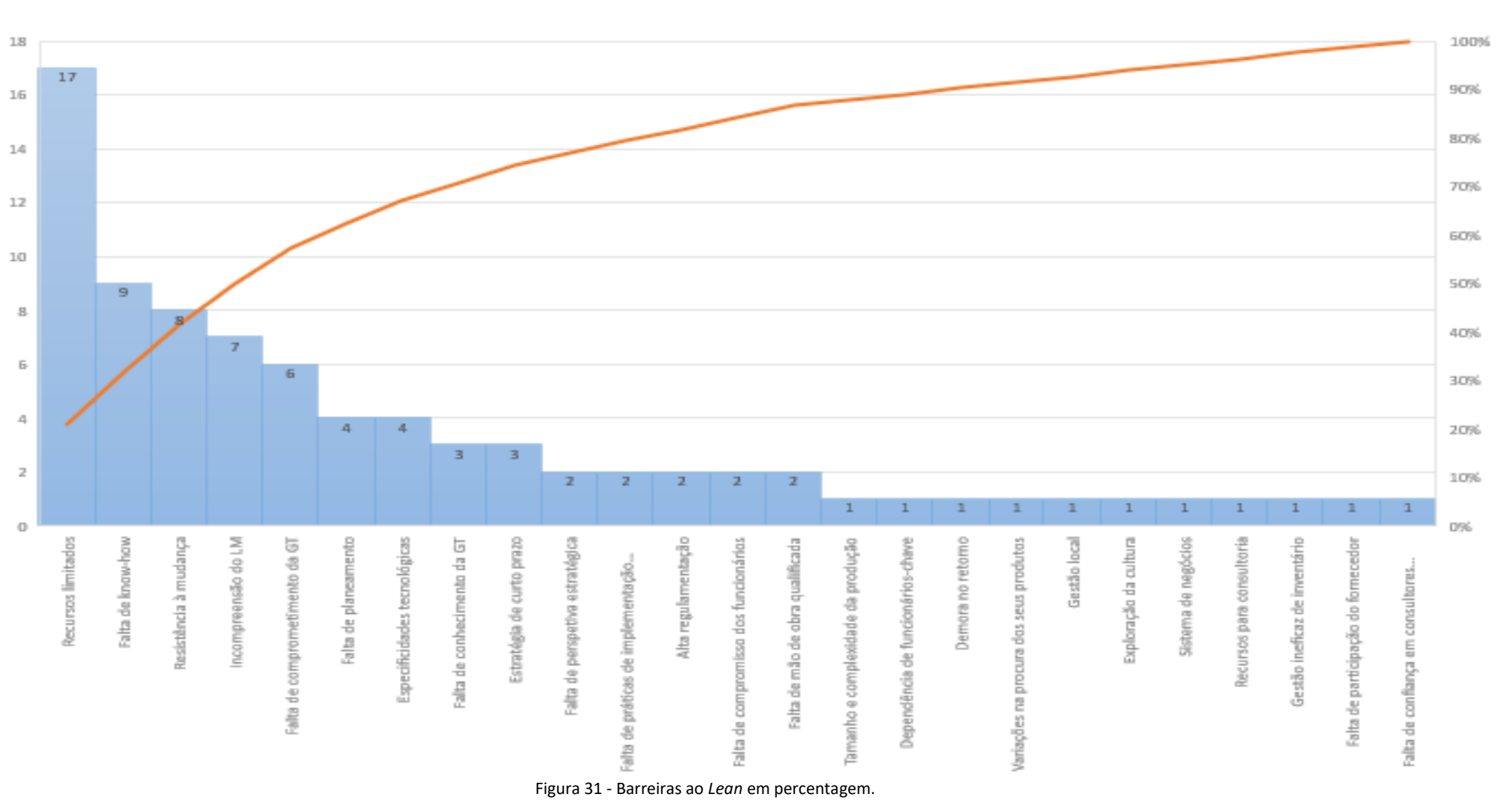


Figura 31 - Barreiras ao *Lean* em percentagem.

Apêndice 2

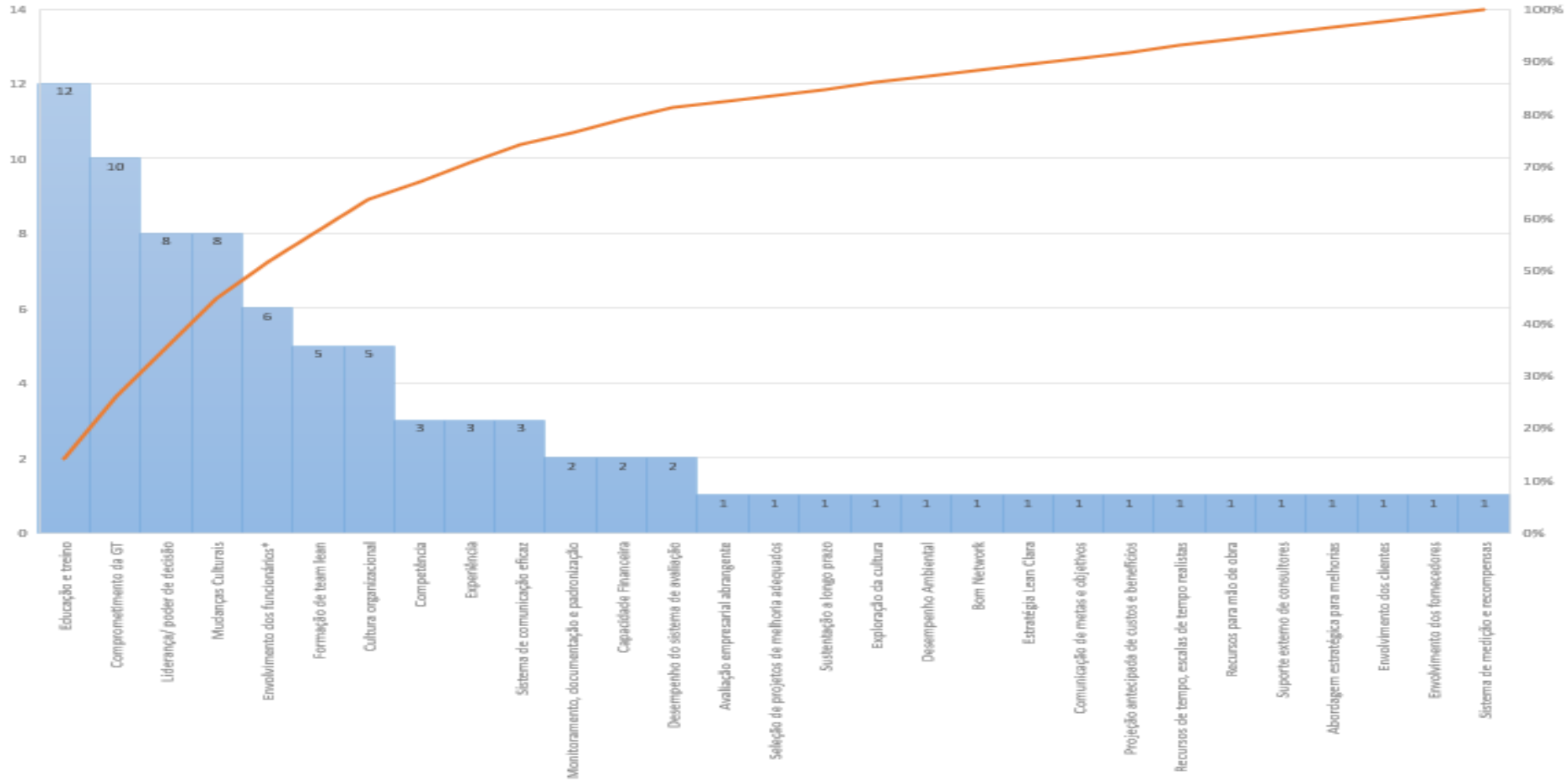


Figura 32 - FCS do Lean em percentagem de acordo com referências encontradas

Anexo 1

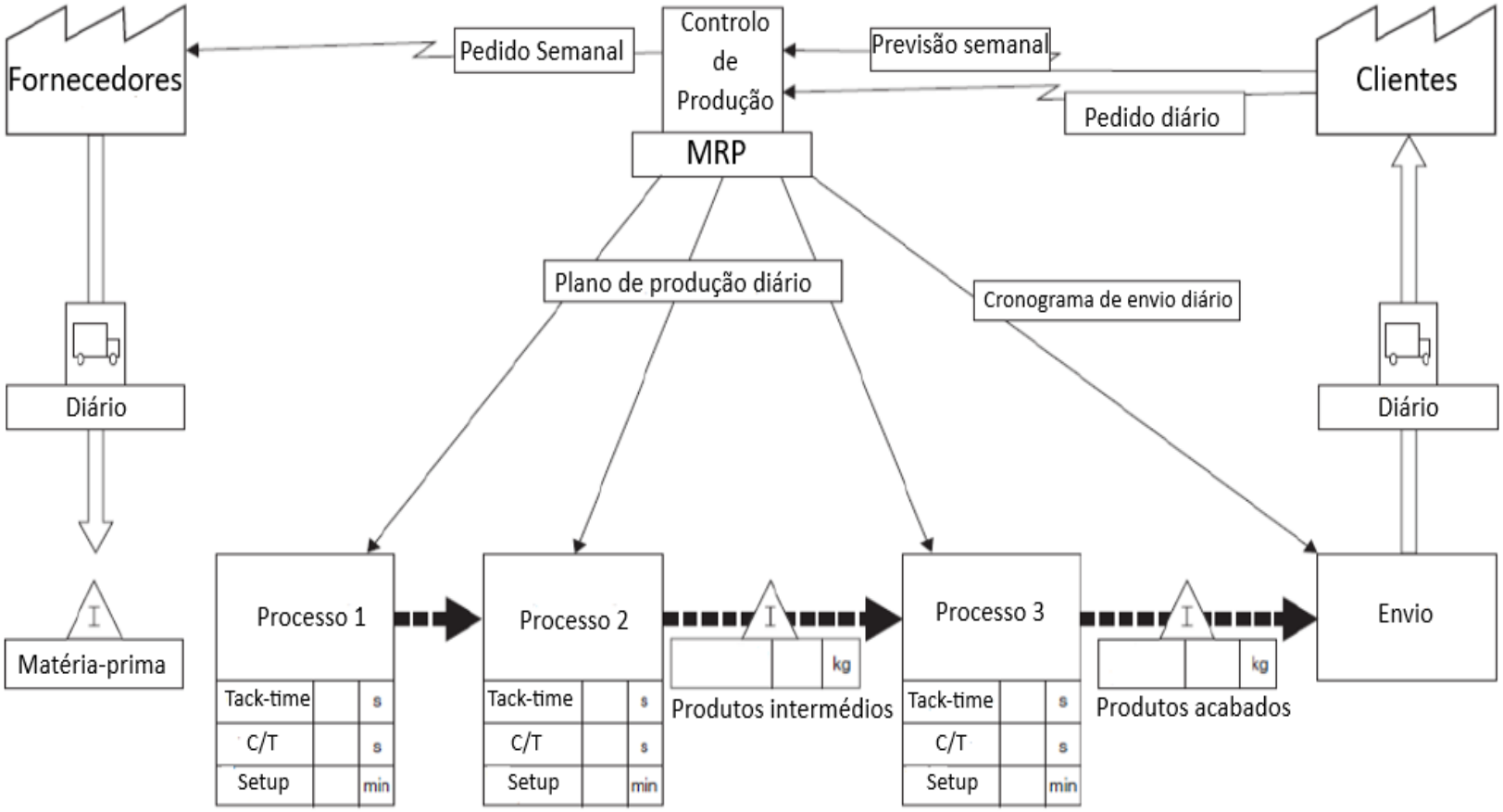


Figura 33 - Exemplo de um VSM, adaptado de Norton,2007