



# LEAN 4.0 E O PANORAMA DO TECIDO INDUSTRIAL PORTUGUÊS

**PATRICIA PASSOS AMARAL**

outubro de 2023

# LEAN 4.0 E O PANORAMA DO TECIDO INDUSTRIAL PORTUGUÊS

Patrícia Passos Amaral

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

## LEAN 4.0 E O PANORAMA DO TECIDO INDUSTRIAL PORTUGUÊS

Patrícia Passos Amaral

1190315

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá e coorientação da Professora Doutora Maria Filipa Mourão.

**2023**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor José Carlos Sá, orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por todos os momentos de orientação, suporte e disponibilidade ao longo do desenvolvimento do trabalho para esta dissertação.

À Professora Filipa Mourão, coorientadora do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, por toda generosidade da partilha dos conhecimentos estatísticos, disponibilidade constante e sementes plantadas para a investigação neste trabalho.

A todos os professores que me ajudaram a chegar até aqui, especialmente a João Pinho, Luís Carlos Ferreira, Marisa Oliveira, Sandra Ramos e Susana Nicola, além dos supracitados José Carlos Sá e Filipa Mourão, por toda energia, paciência e pedagogia na transmissão do que sabem, por toda a troca e pelo empenho no que fazem.

À minha família e amigos, por todo o apoio prestado e entendimento por todas as minhas ausências durante o curso.

página propositadamente em branco

## RESUMO

O desenvolvimento tecnológico transformou o mundo e a quarta e atual revolução industrial traz maiores desafios às empresas e possui grande foco na captação e partilha de informação e na integração homem-máquina. A metodologia *lean* tem sido cada vez mais usada pelas empresas com o objetivo de dar resposta às mudanças de mercado, à pressão sobre os custos e à eliminação de desperdícios, aos prazos cada vez mais curtos e às alterações no comportamento de consumo da população. A pressão por inovação constante e adaptabilidade frente a tais mudanças aumentam a complexidade das empresas em garantir sua performance e sobrevivência. Assim como a *lean*, o papel de novas tecnologias é trazer maior eficiência e eficácia ao processo produtivo, auxiliando e permitindo maior capacidade de adaptabilidade e controlo sobre o fluxo. As tecnologias de Indústria 4.0 ainda recentes e em desenvolvimento e a filosofia *lean* aparecem então ao centro dos debates atuais quanto ao contributo de cada uma para a performance das empresas, em que ordem devem ser implementadas e em que grau de intensidade a integração deve ocorrer para obtenção da melhor relação entre os dois conceitos. Por meio da aplicação da metodologia survey foi realizado um inquérito para perceção do panorama do tecido industrial português, tendo sido analisadas 108 respostas. O presente trabalho busca analisar a correção de Lean e I4.0, analisando de que forma as organizações integram *Lean* e I4.0 e verificar o impacto disso sobre a performance das empresas, além de realizar um mapeamento do panorama do tecido industrial português sobre o assunto em questão.

### PALAVRAS-CHAVE

*Lean* 4.0; Indústria 4.0; *Lean*; I4.0; *Lean Management*

página propositadamente em branco

## ABSTRACT

The technological development transformed the world and the forth and current industrial revolution bring greater challenges to the companies and focus on the capture and sharing of information and in the human-machine interaction. The lean methodology is becoming more used by companies aiming to give answer to the market changes, to the pressure on costs, to the pressure for waste disposal, to the increasingly shorter deadlines and to the changes on the population consumption behavior. The pressure for constant innovation and adaptability towards such changes increases the complexity to the companies in ensuring their performance and survival. As lean, the role of new technologies is to bring greater efficiency and effectiveness to the production process, supporting and allowing greater adaptability capacity and control over the flow. The recent I4.0 technologies in development and the lean philosophy are in the center of the current debates regarding the contribution of each one to the companies' performance, what's the correct order to implement them and in which intensity to obtain the best relation of such integration. Applying the survey methodology, a survey was held to understand the Portuguese industrial panorama, being analyzed 108 answers. The current study aims to analyze the correlation between Lean and I4.0, perceiving in which way the companies integrate Lean and I4.0, and to verify the impact over their performance. Besides mapping the overview of the Portuguese industrial fabric over the subject in matter.

### KEYWORDS

*Lean 4.0; Industry 4.0; Lean; I4.0; Lean Management*

página propositadamente em branco

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	IX
LISTAS DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	XI
1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1. Enquadramento e pertinência .....	15
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	16
1.3. Metodologia de investigação .....	17
1.4. Estrutura do trabalho .....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. Definição do protocolo e dos critérios de pesquisa .....	20
2.2. Análise descritiva das publicações .....	21
2.2.1. Distribuição das publicações.....	21
2.2.2. Áreas de aplicação.....	24
2.3. Análise de bibliometria das publicações .....	25
2.4. Síntese de literatura .....	28
2.4.1. Lean .....	29
2.4.2. Indústria 4.0 .....	30
2.4.3. Lean 4.0 .....	32
3. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO .....	37
3.1. Elaboração do questionário e sua validação .....	37
3.2. Estrutura do questionário .....	38
3.2.1. Informação específica .....	39
3.2.2. Validação do questionário.....	40
3.2.3. Caracterização da Amostra .....	40
3.2.4. Levantamento e criação de uma base de dados.....	41
4. RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA .....	43
4.1. Análise de resultados da revisão bibliográfica .....	43
4.2. Análise de resultados do inquérito .....	44
4.2.1. Caracterização da amostra.....	44
4.2.2. Análises Lean e I4.0 .....	50
4.2.2.1. Implementação de tecnologias de I4.0 .....	54
4.2.2.2. Implementação <i>Lean</i> 4.0.....	58
4.2.3. Análise fatorial .....	60
4.3. Análise de resultados .....	77
5. CONCLUSÃO .....	79
5.1. Conclusões finais .....	79

---

5.2. Limitações e investigação futura.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
APÊNDICE .....	99
ANEXOS .....	101
Anexo I – Parte introdutória do questionário.....	101
Anexo II - Pergunta de triagem dos respondentes .....	102
Anexo III - Informações gerais sobre a organização e respondente .....	102
Anexo IV - Informações sobre a implementação Lean .....	104
Anexo V - Informações sobre a implementação de tecnologias de Indústria 4.0 .....	105
Anexo VI - Informações sobre Lean 4.0 .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da RSL (adaptado de Revisão Sistemática de Literatura) .....	19
Figura 2 - Funil triagem de pesquisa .....	21
Figura 3 - Distribuição temporal das publicações .....	22
Figura 4 - Distribuição temporal de citações .....	22
Figura 5 - Publicações por revistas e jornais .....	23
Figura 6 -Tipo de publicações.....	24
Figura 7 - Áreas de aplicação (Categorias WoS).....	24
Figura 8 - Distribuição de publicações por países .....	25
Figura 9 - Rede de publicações por países .....	26
Figura 10 - Rede de co-autoria de documentos por organizações .....	27
Figura 11 - Rede de citações por autor .....	27
Figura 12 - Rede de palavras-chave mais citadas.....	28
Figura 13 – Waterfall do saldo de respondentes do questionário.....	41
Figura 14 - Distribuição demográfica dos respondentes .....	45
Figura 15 - Nacionalidade das empresas representadas .....	45
Figura 16 - Distribuição dos respondentes por indústria de atuação .....	46
Figura 17 - Distribuição do tamanho das empresas representadas.....	46
Figura 18 - Gênero dos respondentes.....	47
Figura 19 - Faixa etária dos respondentes .....	47
Figura 20 - Grau de escolaridade dos respondentes.....	48
Figura 21 - Setor/Departamento de trabalho dos respondentes .....	49
Figura 22 - Grau de implementação Lean .....	50
Figura 23 - Implementação Lean e ferramentas mais utilizadas .....	51
Figura 24 - Uso metodologia Lean por região do país .....	53
Figura 25 - Grau de implementação I4.0.....	55
Figura 26 - Percepção grau de suporte Lean sobre implementação posterior de I4.0.....	60
Figura 27 - Comparações por método Pairwise de "Qual o setor de atividade da sua empresa?" .	69
Figura 26 - Lista de variáveis por fator (AFE).....	72
Figura 28 - Gráfico de componente em espaço rotacionado.....	73
Figura 29 - Heatmap Setor x Dimensão Empresa x Lean .....	74
Figura 30 - Heatmap Setor x Dimensão da empresa x Impacto I4.0.....	75
Figura 31 - Heatmap Departamento x Dimensão da empresa x Lean .....	76
Figura 32 - Heatmap experiência laboral anterior x Dimensão da empresa x Lean .....	77

página propositadamente em branco

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Publicações por abreviação ISO.....	23
Tabela 2 - Tabulação cruzada: Departamento x gênero do respondente .....	49
Tabela 3 - Distribuição por função .....	50
Tabela 4 - Tabulação cruzada: ferramenta lean x função .....	51
Tabela 5 - Tabulação cruzada: Ferramentas Lean x Departamento .....	52
Tabela 6 - Utilização do princípio Lean por função .....	52
Tabela 7 - Relação entre Ferramentas Lean e Região do país .....	54
Tabela 8 - Implementação de tecnologias de I4.0 .....	55
Tabela 9 - Implementação da I4.0 por tipo de recurso .....	56
Tabela 10 - Percepção de impacto da implementação de recursos I4.0 .....	56
Tabela 11 - Desafios à implementação I4.0 .....	57
Tabela 12 - Recursos de TI implementados sob a ótica I4.0 .....	57
Tabela 13 - Relação entre uso de recursos I4.0 e região do país .....	58
Tabela 14 - Percepção de impacto dos recursos 4.0 sobre Lean 4.0 .....	59
Tabela 15 - Tabulação cruzada: experiência anterior Lean vs I4.0 .....	61
Tabela 16 - Associação entre experiência ferramentas Lean vs tecnologias I4.0 .....	61
Tabela 17 - Verificação de efeito no uso de ferramentas Lean sobre o setor de atividade .....	62
Tabela 18 - Setor de atividade x Sistemas TI x Conceitos I4.0 e Lean .....	63
Tabela 19 - Teste de Kruskal-Wallis para análise setor de atividade no impacto tecnologias sobre Lean.....	64
Tabela 20 - Impacto novas tecnologias por setor industrial .....	65
Tabela 21 - Sumarização de Teste de Hipótese .....	66
Tabela 22 - Comparações por Método Pairwise de Qual o setor de atividade da sua empresa? ...	67
Tabela 23 - Alpha de Cronbach para os impactos de I4.0 sobre ferramentas Lean .....	70
Tabela 24 - Teste de KMO e Bartlett .....	70
Tabela 25 - Matriz de componente rotativa .....	71
Tabela 26 - Variância total explicada (Impacto tecnologias sobre Lean).....	71

página propositadamente em branco

## LISTAS DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Siglas e Abreviaturas

AFE	Análise Fatorial Exploratória
AI	Artificial Intelligence
AM	<i>Additive Manufacturing</i>
APS	<i>Advanced Production Scheduling</i>
AR/VR	<i>Augmented Reality / Virtual Reality</i>
AV	<i>Autonomous Vehicles</i>
BDA	<i>Big Data &amp; Analytics</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
CAD/CAM	<i>Computer Aided Design / Manufacturing</i>
CC	<i>Cloud Computing</i>
CS	<i>Cybersecurity</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CFO	<i>Chief Financial Officer</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
COO	<i>Chief Operating Officer</i>
CR	<i>Collaborative Robots</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
DGAE	Direção-Geral das Atividades Económicas
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
I4.0	<i>Industry 4.0</i>
I4.0T	<i>Industry 4.0 Technologies</i>
I5.0	<i>Industry 5.0</i>
IIoT	<i>Internet of Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPP	Instituto Politécnico do Porto
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
IPVC	Instituto Politécnico de Viana do Castelo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin
L4.0	<i>Lean 4.0</i>
L5.0	<i>Lean 5.0</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
MA	Manufatura Aditiva

---

MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
RP	representatividade
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
Sig.	Significância
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TI	Tecnologia da Informação
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

---

### Lista de Símbolos

---

%	Porcentagem
---	-------------

---

página propositadamente em branco



## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, é realizada a contextualização ao tema analisado neste trabalho, apresentação dos objetivos e descrita a estrutura do documento.

### 1.1. Enquadramento e pertinência

O desenvolvimento tecnológico transformou o mundo em uma “vila global” (Tiep & et al., 2020), fazendo-o passar por diversas fases de transição nas técnicas aplicadas (Bevilacqua & et al., 2019), conhecidas por revoluções industriais, que tiveram início no fim do século XIX. Essas revoluções alteraram o *modus operandi* da indústria e cada uma promoveu uma mudança no paradigma produtivo em vigor (Kumar & et al., 2020; Pereira & et al., 2019): da produção manual para a mecanizada, na Primeira Revolução Industrial; a transição da fonte de energia do carvão para eletricidade, na seguinte; a adoção da tecnologia digital para automação, na terceira; e, por fim, a atual e quarta, a customização máxima de produtos diante dos maiores desafios de restrição (recursos, insumos, conflitos, crises económicas, etc.) com grande foco na captação e partilha de informação e na integração humana (Khazode & et al., 2021; Colim & et al., 2021). E ainda, da terceira para a quarta revolução industrial, a transformação do trabalho e do modelo de negócio (Valamede & Santos Akkari, 2020).

Se antigamente a eficiência técnica e a criação de valor eram medidas como o quanto os consumidores estavam dispostos a pagar por um produto e/ou serviço, atualmente a percepção de valor mudou radicalmente (Ramirez-Pena, 2020; Castiglione & et al., 2022). A pressão do mercado sempre influenciou a manufatura, inclusive os períodos de restrição como esse são destacados na literatura pela implementação de soluções produtivas inovadoras e orientadas ao serviço (Mohammed & Trzcielinski, 2021; Shahin & et al., 2020; Rosienkiewicz & et al., 2018). Os momentos de grande inquietação económica e restrição de recursos, como as guerras mundiais, a crise do Petróleo (1973), a quebra económica do Japão (1974), a crise dos tigres asiáticos (1997), mais recentemente a pandemia do coronavírus (2019) e o conflito na Ucrânia (2022-presente), dentre outros, pressionam as empresas a reavaliar os modelos de gestão e a reduzir desperdícios de forma a manterem-se competitivas, inclusive *eco-friendly* (Di Nardo, 2020; Adrita & et al., 2021) sendo responsáveis e responsabilizadas pelo (re)uso dos recursos naturais e a poluição ao meio ambiente (Santos, 2019; Tiep & et al., 2020). Dessa forma, a metodologia *lean* tem sido cada vez mais usada pelas empresas com o objetivo de dar resposta às mudanças de mercado, à pressão

sobre os custos (Di Nardo, 2020) e eliminação de desperdícios, aos prazos cada vez mais curtos (Camgoz-Akdag, 2018) e às alterações no comportamento de consumo da população (Pereira & et al., 2019).

Alguns autores destacam a década de 1970 como o início da mudança de preferência dos consumidores por qualidade (Ding & et al., 2021). Independentemente de quando, é irrefutável que os hábitos de compra dos consumidores alteraram ao longo do tempo, e continuam a mudar, pelas mais diversas questões: económicas, ambientais, sociológicas e psicológicas, por exemplo, impactando diretamente no processo de produção, uma vez que as empresas precisam adaptar seus produtos às requisições do mercado (Marc & et al., 2022; Zheng & et al., 2021). A pressão por inovação constante e adaptabilidade frente a tais mudanças aumentam a complexidade das empresas em garantir sua performance e sobrevivência (Santos & et al., 2019; Azevedo & et al., 2021). Nesse sentido, assim como a gestão *lean*, o papel de novas tecnologias é trazer maior eficiência e eficácia ao processo produtivo, auxiliando e permitindo maior capacidade de adaptabilidade (Anosike & et al., 2021; Leong & et al., 2020) e controlo sobre o fluxo (Di Nardo, 2020; Raj & et al., 2019), o que consequentemente acirra a competição entre as empresas e aumenta a complexidade do mundo empresarial (Haddud & Khare, 2020).

As tecnologias de Indústria 4.0 ainda recentes e em desenvolvimento e a filosofia *lean* aparecem então ao centro dos debates atuais quanto ao contributo de cada uma para a performance das empresas (Tortorella & et al., 2021; Cifone & et al., 2021; Tortorella & et al., 2021). Muitos estudos têm tentado perceber o quanto a integração dos dois conceitos (Cirillo & et al., 2021; Rossini & et al., 2021) contribui, em que proporção e em que ordem de implementação, para a eliminação de desperdícios (Tortorella & et al., 2021; Fortuny-Santos & et al., 2020), a rápida adaptação pela monitorização crescente e em tempo real dos dados (Kuefner & et al., 2021; Kumar & et al., 2020), a aprendizagem contínua e a criação de valor (De Giovanni & Cariola, 2021; Kuefner & et al., 2021). É inegável que ambos os conceitos são diferentes, um focado em sistemas autónomos e flexíveis e outro, em processos tradicionais com objetivo de melhoria da eficiência (Valamede & Santos Akkari, 2020), mas também é urgente perceber de que forma se relacionam e como se suportam a fim de resolver os problemas industriais (Tiep & et al., 2020).

## **1.2. Questão e objetivos de investigação**

De forma a preencher os hiatos indicados acima, o presente trabalho tem como objetivo analisar a correlação entre Lean e Tecnologias de I4.0, verificar de que forma as organizações integram *lean* e tecnologias de indústria 4.0, com foco às que já possuem implementados um ou mais recursos das novas tecnologias, visando o aumento das vantagens competitivas, e perceber o impacto sobre a performance das empresas, as ferramentas e técnicas mais difundidas e os desafios, os benefícios e as limitações percebidos à implementação. Sendo assim, esta dissertação possui as seguintes questões:

- A integração “*Lean 4.0*” contribui para a melhoria do desempenho das empresas?
- Quais os desafios, os benefícios e limitações percebidos pelas empresas aquando da implementação?
- De que forma as ferramentas *lean* e as tecnologias da Indústria 4.0 são combinadas e percebidas como mais-valias num contexto geral?
- Qual o ponto de situação do tecido industrial português no que tange à integração de I4.0 e *lean*?

A relevância dessa investigação é que, apesar dos esforços académicos e governamentais, há ainda poucos estudos sobre a integração dos dois assuntos e ainda menores evidências empíricas da implementação conjunta nas empresas e seus desdobramentos ao longo do tempo. Além disso, não havendo um com foco em analisar a realidade da indústria portuguesa.

### **1.3. Metodologia de investigação**

A metodologia de investigação utilizada para este estudo foi a metodologia survey, que consiste na coleta de informações de uma amostra de indivíduos que seja representativa do universo para assim ser possível tirar conclusões e percepções desse universo.

Além da revisão de literatura que foi realizada para percepção da correlação entre Indústria 4.0 e *Lean Manufacturing*, de forma a perceber qual o cenário industrial nacional sobre o assunto, um inquérito foi elaborado e distribuído a profissionais em território nacional.

### **1.4. Estrutura do trabalho**

A presente dissertação encontra-se segmentada em cinco capítulos principais.

O primeiro segmento, INTRODUÇÃO, visa contextualizar o tema de estudo, apresentando os objetivos da pesquisa e sua relevância, além da estrutura do documento.

O capítulo dois intitulado REVISÃO BIBLIOGRÁFICA trata do procedimento de pesquisa desenvolvido, apresentando os resultados obtidos com recurso também a uma análise bibliométrica.

No terceiro capítulo, MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO é realizada a exposição do modelo realizado na investigação deste trabalho.

Os RESULTADOS são apresentados no quarto capítulo, tendo sido subdividido em resultados da revisão bibliográfica (subcapítulo 4.1) realizada, resultado dos dados obtidos com a aplicação do questionário (subcapítulo 4.2), exposição da análise fatorial executada (subcapítulo 4.3) e a discussão do resultado global (subcapítulo 4.4).

No quinto e último segmento, o capítulo CONCLUSÕES apresentada as conclusões finais (subcapítulo 5.1) e as limitações e demandas para investigação futura (subcapítulo 5.2).

Complementam os capítulos supracitados, índice, listas e índices de figuras, tabelas, siglas/abreviaturas/abreviações, além do resumo, referências, apêndice e anexos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém a apresentação da RSL e da análise bibliométrica, que foram as bases deste estudo, tendo sido analisadas as publicações de forma a perceber a relação existente entre os dois termos que compõem a palavra-chave definida anteriormente (“Lean 4.0”), procedeu-se também verificação da distribuição temporal de publicações nos últimos anos, organizações e investigadores mais presentes na temática estudada e o impacto da aplicação dos conceitos *lean manufacturing/production* e *industry 4.0* e suas ferramentas na realidade de empresas.

Quanto à RSL, esta possui um processo próprio de pesquisa de revisão documental com objetivo de assegurar um nível satisfatório de qualidade de investigação (Donato & Donato, 2019), resultando num documento-fim que possa contribuir para a tomada de decisão em diversos contextos, como o empresarial (Reis, 2021). Quanto à análise bibliométrica, por meio de recursos de análise quantitativa, é possível visualizar padrões nas referências selecionadas no que se relaciona a reconhecimento científico, como a quantidade de citações, quantidade de artigos por autor, polos relevantes de publicação e difusão do conhecimento em questão (Quevedo-Silva & et al., 2016). De forma resumida, as etapas do processo de revisão sistemática de literatura podem ser verificadas na figura 1 abaixo:



Figura 1 - Fases da RSL (adaptado de Revisão Sistemática de Literatura)

## 2.1. Definição do protocolo e dos critérios de pesquisa

O processo de pesquisa do presente trabalho seguiu o seguinte protocolo a fim de assegurar uma linha processual única do início ao fim do trabalho e sua qualidade, bem como a triagem de conteúdos de maior relevância à investigação (figura 2).

Após a descrição das questões de pesquisa e a delimitação de seus objetivos, o primeiro passo do protocolo foi a escolha da base de dados, tendo sido optado pela Web of Science (WoS), devido a sua conceituada base que abrange as mais respeitadas publicações a nível mundial, e aos recursos de filtro que garantem trabalhos que passaram por revisão por pares e redigidos em inglês.

Em segundo lugar, passou-se à escolha e definição das palavras-chave. Numa análise mais detalhada, percebeu-se que as definidas inicialmente “*lean*” e “*industry 4.0*” retornavam com muitas evidências não relacionadas ao objetivo deste trabalho. As palavras foram adaptadas para a expressão “*Lean 4.0*”, que se revelou ainda extremamente restritiva em termos de resultados (<30 evidências), mas fornecia uma informação importante: estudos diretamente relacionados ao tema (e objeto desta pesquisa) começaram a ser publicados em 2015. Sendo assim, as palavras-chave foram finalmente definidas em “*lean*” e “*4.0\**”, esta segunda para que fosse possível a captação tanto de estudos que utilizam a expressão “*industry 4.0*” como os que usam “*I4.0*”, retornando um total de 1547 artigos. Esta pesquisa incluiu o título, resumo e as palavras-chave de cada publicação, definidas pela WoS como filtro “*topic*”.

Outro passo foi então realizado e consistiu na delimitação do período de 2018 até a data de extração da base (21/04/2022), no que resultou em 593 artigos. A escolha do período teve como referência os últimos cinco anos (os mais recentes) e os anos de publicações com referência direta à expressão “*Lean 4.0*”.

Em quarto lugar, foram selecionados os 268 mais relevantes, segundo os critérios estabelecidos pela WoS, e este número já a considerar a exclusão de publicações não disponíveis (Kulinich & et al., 2021).

Em quinto lugar, as 268 publicações disponíveis passaram então por uma triagem textual manual, em que os termos “*lean*” e “*industry 4.0*” foram pesquisados ao longo do texto de cada documento, excluindo-se da análise agradecimentos e referências. Após esta triagem, chegou-se a um total de 154 publicações.

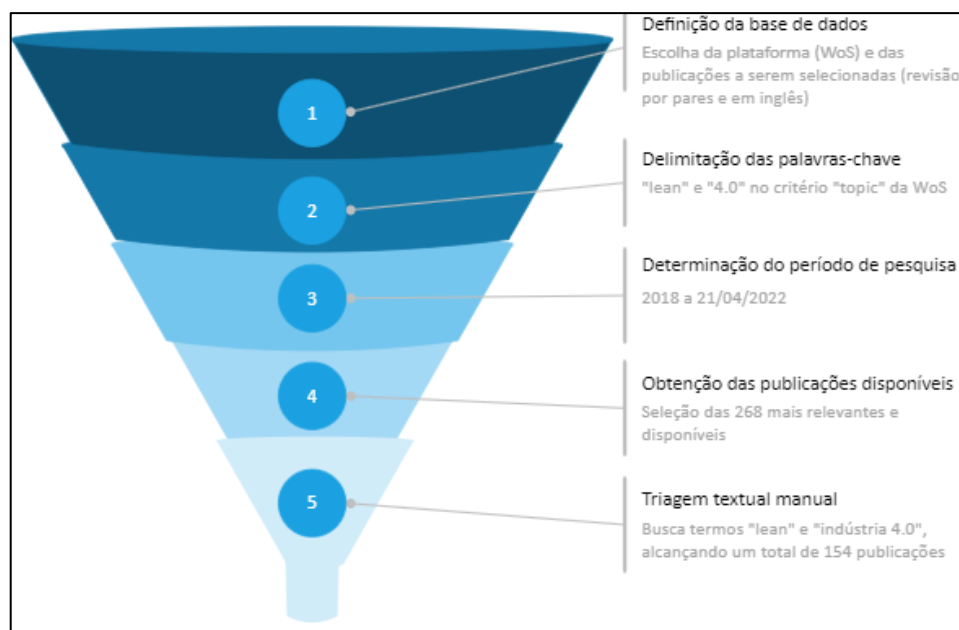


Figura 2 - Funil triagem de pesquisa

A partir do quarto passo, foi criado em paralelo uma base de dados em MS Excel com os dados das publicações extraídos da WoS, nomeadamente o seu título, autores, palavras-chave do autor, palavras-chave extras, resumo, ano de publicação, número de páginas, citações, editorial, cidade de publicação. Somados a esses, foram incluídos outros campos como a metodologia de investigação, país, comentários e realizado um mapeamento de ferramentas *Lean* e de recursos de indústria 4.0 mencionados nos estudos selecionados.

## 2.2. Análise descritiva das publicações

### 2.2.1. Distribuição das publicações

Segundo os dados da WoS, há evidências de estudos que mencionam ambas as palavras-chave desde 1990, mas - após criteriosa verificação - foi possível perceber que o primeiro artigo que relaciona *Lean* e 4.0, este termo a referir-se a indústria 4.0, data de 2015. No período de tempo escolhido (2018 a 2022), é possível perceber quantos artigos dos apontados como mais relevantes pela WoS são de cada ano e os mais relevantes selecionados para este estudo (figura 3).

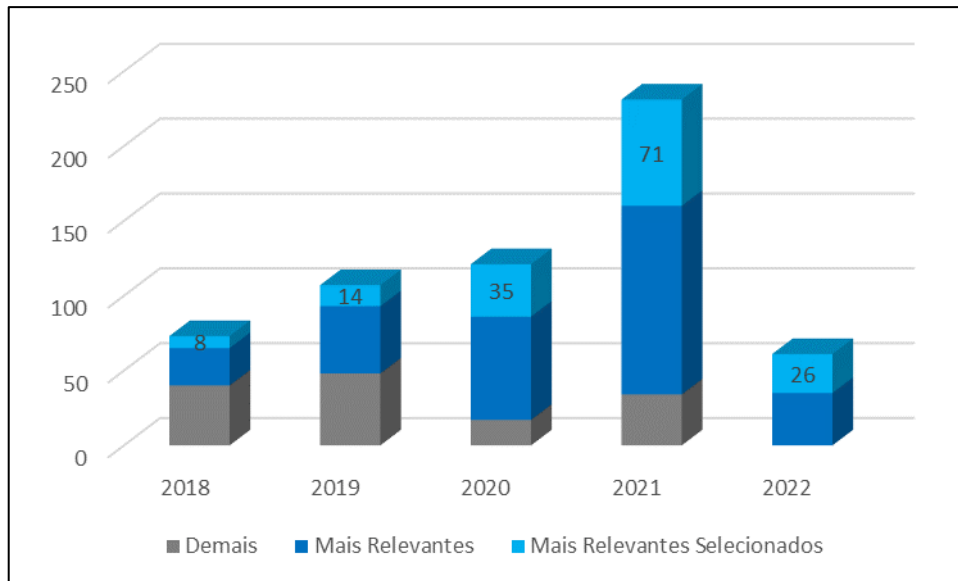


Figura 3 - Distribuição temporal das publicações

Quanto às citações (figura 4) e dentre os seleccionados, constata-se que as referências de 2018 são bastante citadas e seguidas das publicações do ano 2020. Dessa forma, considerando-se ambos os gráficos, verifica-se a crescente percepção da importância do tema.

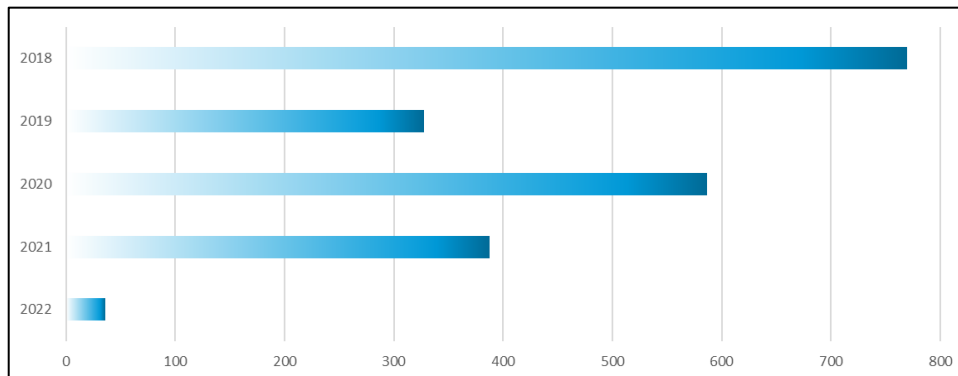


Figura 4 - Distribuição temporal de citações

Dentre os artigos seleccionados para este estudo, destacam-se em número de publicações: International Journal of Production Research, Sustainability, Production Planning Control e Applied Sciences of Basel com dez ou mais trabalhos cada (figura 5).

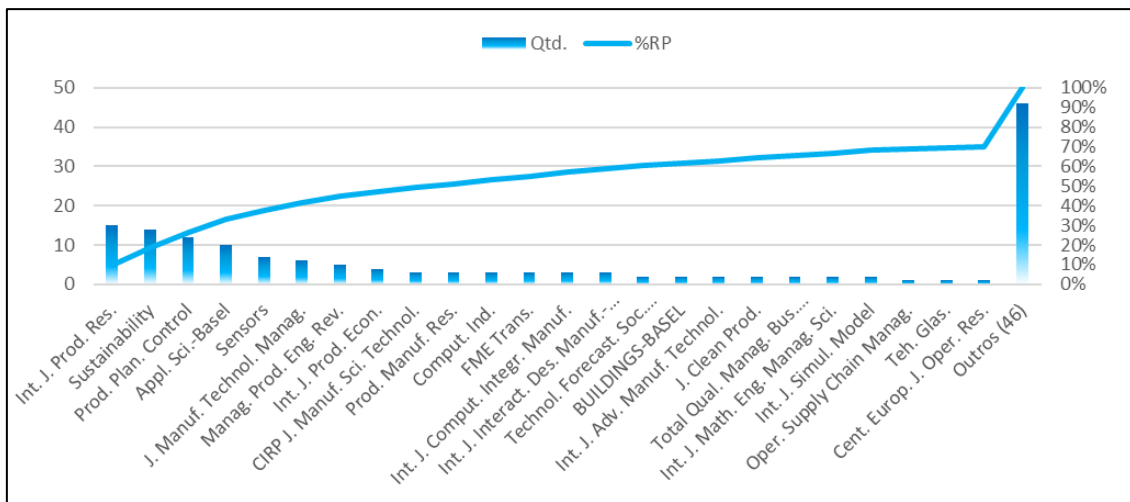


Figura 5 - Publicações por revistas e jornais

Como pode ser constatado na tabela 1, o *International Journal of Production Research* se destaca imensamente dos demais quando as citações são analisadas por publicação, reafirmando a relevância do trabalho deste jornal.

Tabela 1 - Publicações por abreviação ISO

Journal ISO Abbreviation	Total
Int. J. Prod. Res.	935
Prod. Plan. Control	136
Int. J. Adv. Manuf. Technol.	99
Prod. Manuf. Res.	99
Sustainability	92
J. Manuf. Technol. Manag.	77

Quanto ao tipo de publicações, os estudos selecionados foram artigos, sendo 87% artigos publicados, 12% artigos *early access* e 1% *proceedings*, como pode ser verificado na figura 6.

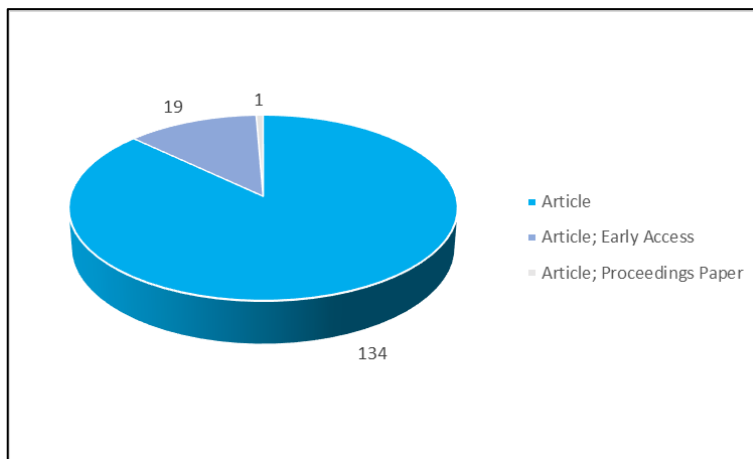


Figura 6 - Tipo de publicações

### 2.2.2. Áreas de aplicação

Neste subcapítulo, foram verificadas as áreas de aplicação dos documentos analisados, primeiramente de acordo com as categorias estabelecidas pela WoS, em que foi possível verificar a predominância de estudos relacionados a produção industrial e operações, expetável pelas tecnologias relacionadas às palavras-chave utilizadas terem sido desenvolvidas para a melhoria de eficiência e eficácia das práticas gerenciais produtivas e posteriormente utilizadas noutros domínios de conhecimento, como meio ambiente e medicina (figura 7).



Figura 7 - Áreas de aplicação (Categorias WoS)

### 2.3. Análise de bibliometria das publicações

Quanto ao país de origem das publicações (ver figura 8), 70% estão concentradas em 6 países, Itália (24,2%), Espanha (12%), Brasil (8,5%), Inglaterra (8,5%), Índia (8,5%) e Estados Unidos (8,5%). Portugal aparece em sétimo lugar com 11 artigos, de um total de 10 territórios.

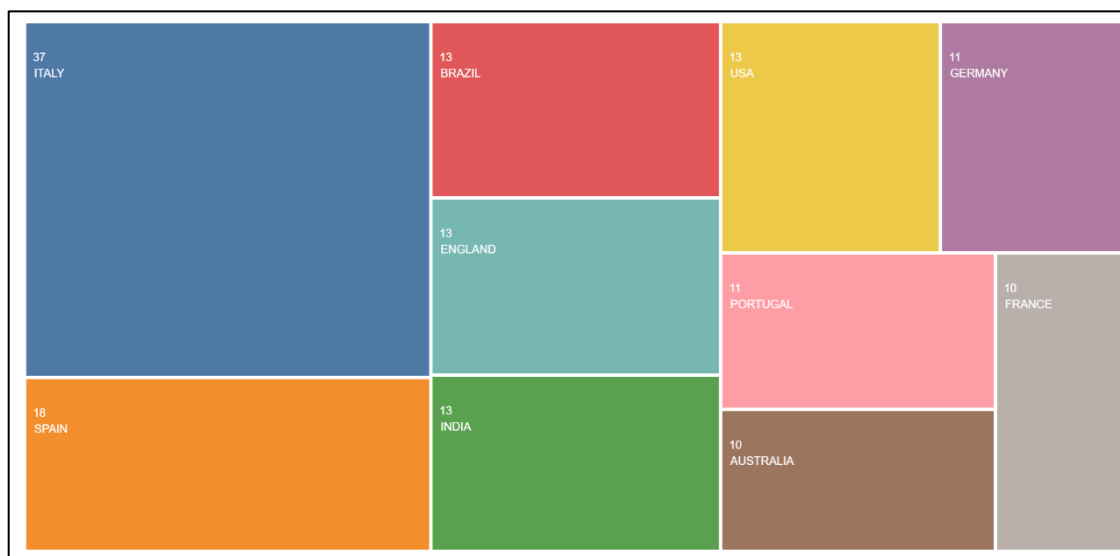


Figura 8 - Distribuição de publicações por países

Dos 58 países que aparecem na base de dados, 17 países possuem 5 ou mais documentos publicados e estão associados entre si em 5 grupos na rede que podem ser visualizados na figura 9. Itália se apresenta como um importante polo de pesquisa e divulgação de conhecimento relacionado ao tema.

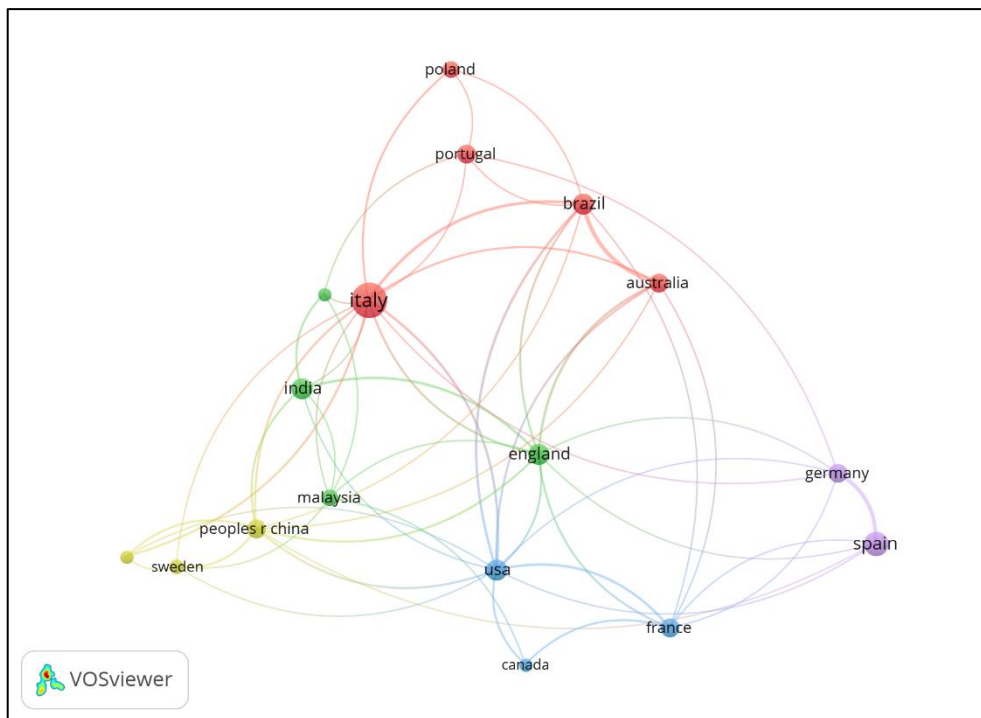


Figura 9 - Rede de publicações por países

Quanto à coautoria de documentos por organizações que possuem 5 ou mais artigos publicados (figura 10), de um total de 270 instituições, apenas 4 possuem relação entre si e estão conectadas em dois grupos: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil) com Universidade de Melbourne (Austrália) e Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) com Politécnico de Milão (Itália).

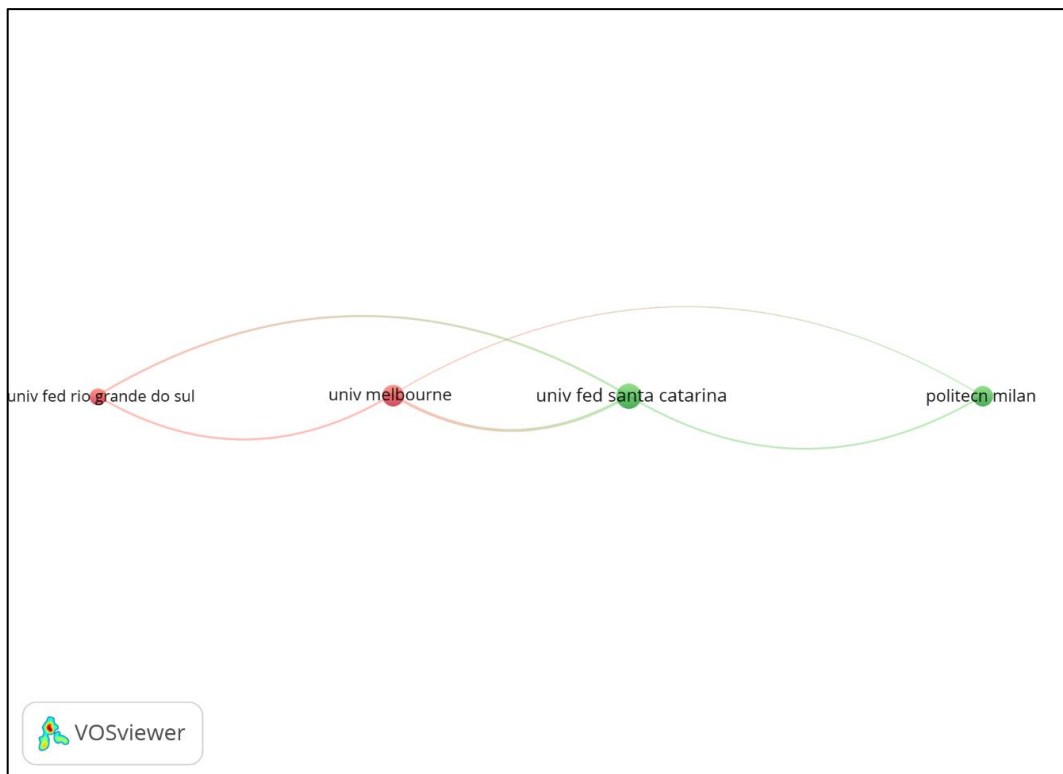


Figura 10 - Rede de co-autoria de documentos por organizações

Na figura 11, a análise de citações por autor com um mínimo de 3 documentos por autor revela que, de 510 autores, 16 autores estão conectados através de 3 clusters e maioritariamente relacionados a Guilherme Luz Tortorella, vinculado ao Politécnico de Milão.

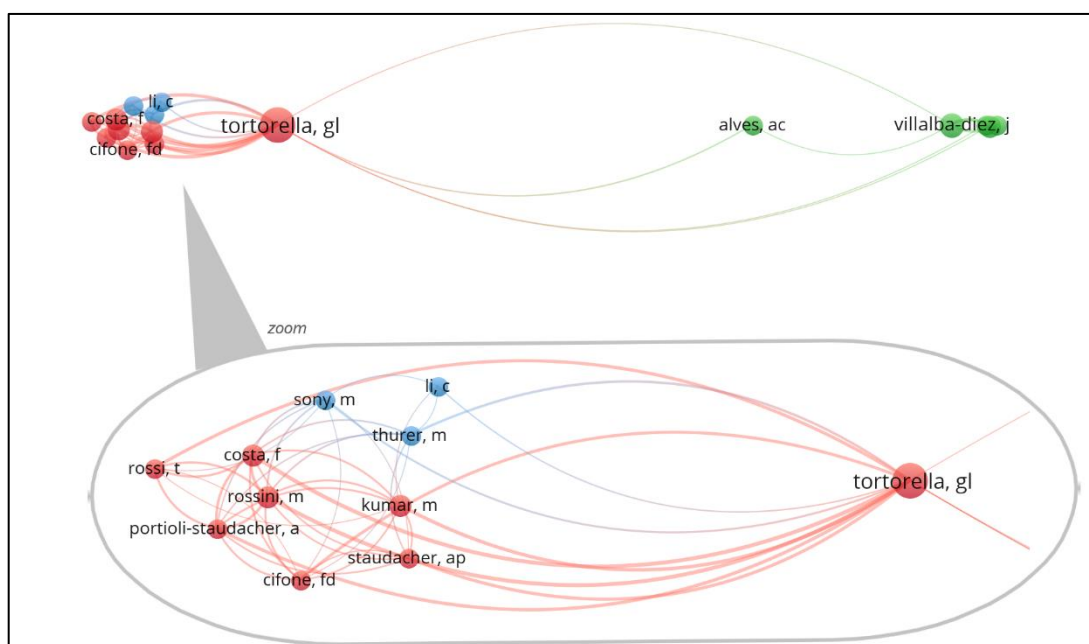


Figura 11 - Rede de citações por autor

Ao analisar as palavras-chave mais citadas na base de dados, percebe-se na figura 12 que as 20 mais relevantes estão relacionadas e agrupadas em três conjuntos, sendo “Industry 4.0”, “lean production”, “implementation” e “performance” as que mais ocorrem nos documentos.

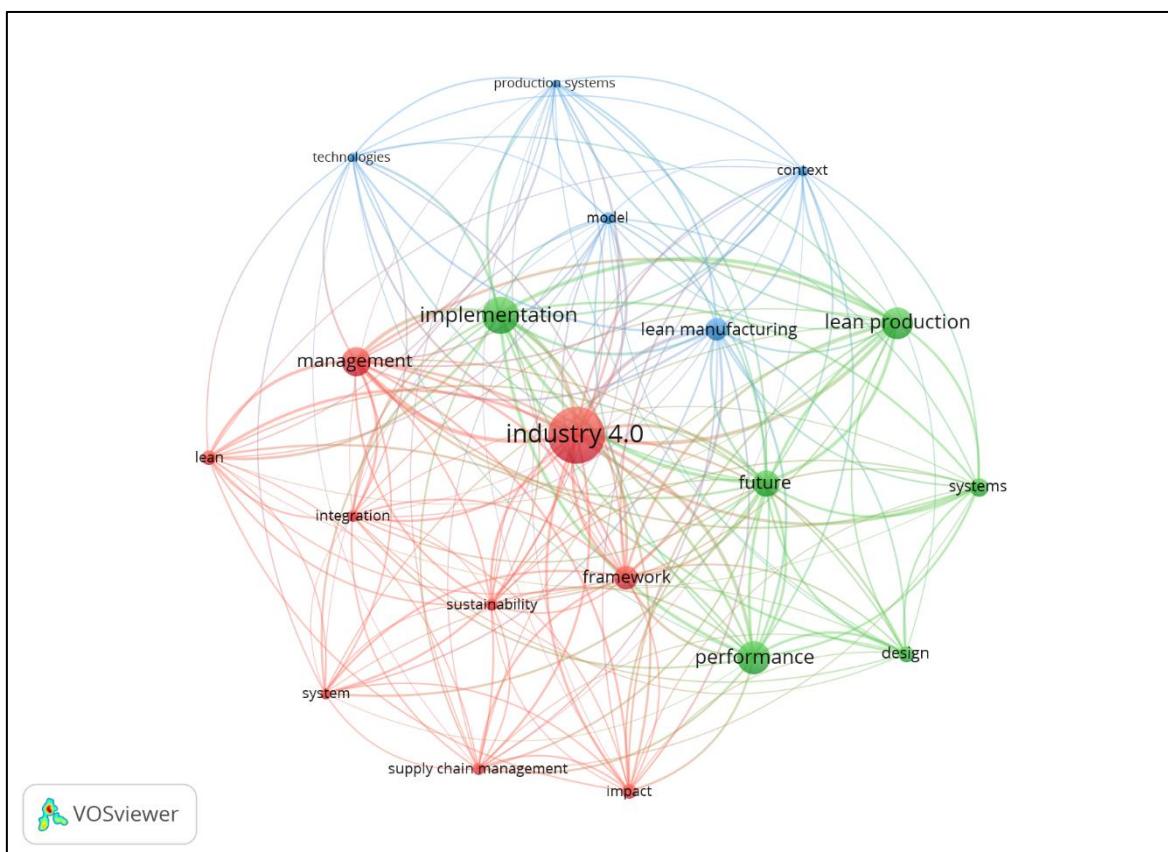


Figura 12 - Rede de palavras-chave mais citadas

## 2.4. Síntese de literatura

A evolução dos sistemas de produção por meio do desenvolvimento tecnológico transformou a produção de bens ao longo do tempo. Somada a diversos fatores, como a desastres naturais, pandemia covid-19, conflitos geopolíticos, mudanças nas taxas de natalidade, aumento da expectativa de vida humana, restrições regulatórias e barreiras de comércio, promoveu enorme impacto na sustentabilidade da cadeia de suprimentos global, que passou e passa por momentos

de restrição de movimentos, parada ou redução de produção (Fukuzawa & & et al., 2022; Rassameethes & et al., 2021)

Em outras palavras, o mercado se tornou intensamente competitivo e disruptivo (Zekhuni & & et al., 2021; Shahin & et al., 2020). Consequentemente, tais fatores aumentam a complexidade produtiva tornando cada vez mais difícil para as empresas ser eficiente e responder rapidamente a novos requisitos de mercado (Adrita & et al., 2021).

#### 2.4.1. Lean

Na década de 1950, a Toyota desenvolveu o seu Toyota Production System (TPS), num cenário de restrição no pós-Segunda Guerra Mundial (Adrita & et al., 2021), cujo objetivo central era trabalhar com os recursos limitados disponíveis no Japão naquele momento (Pereira & Sachidananda, 2022). Dessa forma, eliminar o desperdício e as atividades que não agregassem valor para o consumidor era vital para sobreviver diante de tais restrições e, ao mesmo tempo, criar assim um sistema produtivo de alta qualidade (Ding & et al., 2021; Frontoni & & et al., 2020).

O TPS lançou as bases do que seria definido mais tarde no livro de Womack, Jones e Ross, na década de 1990, como o conceito de *Lean manufacturing* (Shahin & et al., 2020; Pereira & Sachidananda, 2022) que almejava estabelecer uma relação custo-eficiência (Chiabert & & et al., 2018; Braglia & & et al., 2021), isto é, produzir bens com maior qualidade e com maquinário preciso, além da realização efetiva da previsão de demanda para redução das compras e dos stocks (Buer & & et al., 2021; Rosienkiewicz & et al., 2018).

O *Lean* pode ser percebido como um fluxo simplificado do processo de produção, possuindo um foco em criar produtos de acordo com as demandas dos consumidores, ao mesmo tempo que reduz os custos e a complexidade processual da atividade produtiva (Pereira & Sachidananda, 2022). Entretanto, estabelecer esse fluxo enxuto passa por uma mudança de cultura organizacional nas empresas, em que um novo *mindset* colaborativo e de melhoria continua precisa ser promovido e cultivado entre os colaboradores (Al Balkhy & et al., 2021), além de serem necessários esforços constantes na manutenção desse *mindset*.

Comprovadamente a implementação *Lean* traz consigo diversos benefícios, nomeadamente: a redução de custos operacionais, da taxa de acidentes; o aumento da lucratividade da empresa e de seus parceiros de projeto, da produtividade, da qualidade dos produtos, da sustentabilidade; maior colaboração da equipa e do relacionamento entre parceiros; e melhor gestão de inventário, organização do espaço de trabalho, o planeamento e preditividade do trabalho, o engajamento e

satisfação dos colaboradores com o trabalho e a satisfação do cliente (Kamble & & et al., 2020; Al Balkhy & et al., 2021).

As atividades fundamentais de engenharia têm como objetivo encontrar uma solução ótima considerando as restrições e os requisitos necessários (Slim & & et al., 2021). Nesse sentido, há também algumas barreiras à implementação e à manutenção da metodologia Lean, que, segundo (Al Balkhy & et al., 2021), podem ser divididos em quatro grupos de fatores, são eles: ambiente interno, fatores de entrada (trabalho), fatores de entrada (materiais) e exógenos. As barreiras relacionadas ao ambiente interno são as mais numerosas e passam por falta de apoio e comprometimento da gestão de topo, não alinhamento da cultura organizacional (Rossini & & et al., 2021), falta de entendimento das necessidades dos clientes, gestores resistentes à mudança, resultados não rápidos e parcialmente visíveis conflitam com as altas expectativas da gestão, falta de planejamento de longo prazo, poucas habilidades gerenciais, dentre tantas outras. Quanto aos outros grupos, de forma resumida podem ser citados: colaboradores resistentes à mudança e não capacitados e/ou treinados, falta de relacionamento de longo prazo com fornecedores, atrasos na entrega de materiais, requisitos e aprovações de contratação burocráticos e falta de apoio governamental.

A metodologia *lean* é aplicável a vários domínios de negócios por meio de uma gestão multidisciplinar das práticas que integram os processos de qualidade, o trabalho em equipa e as redes de clientes e de fornecedores (Valamede & Santos Akkari, 2020). E, apesar de serem diversas as implicações ao sucesso da implementação *Lean*, de forma sucinta pode ser dito que esta depende da capacidade da empresa em ser *lean*, sendo este um requisito para o caminho rumo à implementação das tecnologias de indústria 4.0 (De Giovanni & Cariola, 2021; Cirillo & & et al., 2021).

#### 2.4.2. Indústria 4.0

O termo indústria 4.0 ainda é um conceito recente dada a amplitude de tecnologias sob seu escopo que ainda estão em desenvolvimento. Foi utilizado pela primeira vez na Feira de Hannover, em 2011, pelo governo alemão num projeto de financiamento que tinha como objetivo promover uma transformação digital nas empresas alemãs através do fomento ao uso das tecnologias disruptivas em desenvolvimento de forma a responder aos desafios da indústria. Após o governo alemão, outros Estados também desenvolveram iniciativas no sentido de transformar o paradigma industrial para uma manufatura inteligente (Fortuny-Santos & et al., 2020; Dixit & & et al., 2022).

Inclusive, a expressão I4.0 faz referência à quarta revolução industrial. Historicamente, as revoluções industriais estão associadas à disrupção dos métodos e nesta a premissa é a interconectividade das máquinas e sua monitorização para a tomada de decisão, reduzindo variações decorrentes da ação humana, sendo - nesse sentido - a automação dos processos considerada um aspeto-chave da I4.0 (Adrita & et al., 2021).

Não há uma lista de elementos essenciais da I4.0 nem existe uma só definição. Entretanto, dentre diversas, pode-se destacar a descrição realizada por Shahin & et al. (2020):

Em geral, a Indústria 4.0 representa a tendência atual de tecnologias de automação na indústria manufatureira, e principalente inclui sistemas de habilitação como sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), e semântica máquina-a-máquina [10–12]. De acordo com o Germany Trade & Invest (GTAI) [13], a Indústria 4.0 representa a evolução tecnológica de sistemas embarcados a sistemas ciber-físicos [14]. Na Indústria 4.0, várias tecnologias como RFID [15], cloud computing [16, 17], realidade aumentada/virtual (AR/VR), sensores/atuadores [18, 19], e big data [20–22] estão contribuindo para viabilizar estes sistemas com vistas a integrar o espaço virtual com o mundo físico (tradução livre, p.2928).

Tais soluções integradas trazem maior complexidade à gestão das empresas, levando as organizações a repensar o desenvolvimento de produtos. Isso porque atualmente o aumento da demanda por customização e produção em massa, somado a ciclos de vida mais reduzidos dos produtos, pressiona por maior agilidade e redução de custos (Valamede & Santos Akkari, 2020; Ding & et al., 2021).

A tomada de decisão rápida faz com que a captação e partilha de dados seja crucial para o planeamento da produção e o controlo da operação (Alieva & von Haartman, 2020; Castiglione & et al., 2022). Dentre outros benefícios, a I4.0 permite a intervenção atempada para estabilizar produção (Ghouat & et al., 2021). De forma sucinta, a vantagem competitiva da implementação de tecnologias I4.0 se deve ao foco na qualidade de produtos e serviços, confiabilidade, flexibilidade, velocidade, custo e inovação. Por outro lado, algumas barreiras são identificadas na literatura, como a falta de mão de obra qualificada, a segurança de dados e de rede, ausência de CNC versus conhecimento tácito dos colaboradores (Adrita & et al., 2021).

A difusão do conceito de I4.0 ao ponto de ser um “*hot topic*” na indústria é possível devido ao custo da tecnologia estar a reduzir e a inovação ser mais aceita e difundida no mundo industrial (Efimova & Bris, 2021). Entretanto, muitos autores ainda apontam que tais ferramentas são aplicáveis a grandes empresas e que as PME precisariam repensar o próprio negócio de uma forma geral, como desenvolvimento de produto, métodos produtivos e sistemas, para viabilizar maior responsividade ante ao mercado. Cabe ressaltar que as PME’s enfrentam barreiras adicionais à implementação das tecnologias I4.0, como ineficiências da gestão de topo, falta de conhecimento especializado e limitações tecnológicas (Mohammed & Trzcielinski, 2021).

Outra questão muito debatida sobre a I4.0 é a relação tecnologia-pessoas (Rossini & et al., 2021; Colim & et al., 2021). I4.0 não é sobre substituir pessoas por máquinas, mas muda a dinâmica sobre emprego (Chiabert & et al., 2018;). Contrariamente à crença tradicional, os pesquisadores defendem que a automação não levará a menos trabalhadores nas plantas de produção nem menor interação humana, mas mudará as competências necessárias (Tortorella & Fettermann, 2018). O novo paradigma industrial transforma o trabalho e as habilidades, ao requerer uma mão de obra altamente especializada, inspirada e motivada para a tomada de decisões diante das necessidades da empresa em ser responsiva e adaptável no menor tempo possível (Colim & et al., 2021; Alieva & von Haartman, 2020; Pereira & et al., 2019).

O treinamento e a educação passam a ser vistos como muito reativos para a preparação da força de trabalho, sendo a capacidade de aprendizado contínua mais proeminente e relevante no ambiente corporativo atualmente (Rassameethes & et al., 2021).

### 2.4.3. Lean 4.0

Nos últimos anos, surgem na literatura referências que apontam para uma possível sinergia da metodologia *Lean* e da I4.0. Entretanto, alguns estudos argumentam que, por serem de conceitos de domínios e linguagens diferentes, a grande problemática seria como operacionaliza-los em conjunto ou em que ordem os implementar para obter a maior mais-valia possível dessa integração (Vlachos & et al., 2021). Outro ponto importante está relacionado ao fato de que nem todas as empresas trabalham com a metodologia *Lean*, mas diante da I4.0 esta tem trazido maiores benefícios e maiores resultados às que possuem *lean* implementado (Vlachos & et al., 2021; Rossini & et al., 2021).

Diante do aumento da complexidade da cadeia de abastecimento global, as empresas precisam lidar com a escalada da competitividade e incrementar sua eficiência produtiva para responder às necessidades dos consumidores, ao mesmo tempo em que reduzem os custos da operação. Nesse

sentido, a adoção de melhorias tecnológicas e a constante inovação são cruciais para viabilizar isso (Zheng & et al., 2021); Mohammed & Trzcielinski, 2021), o que passa pela importância de estabelecer e manter redes eficientes e eficazes de relacionamento com fornecedores, clientes e colaboradores. Em outras palavras, o fluxo de informação e a comunicação precisam ser efetivos antes, durante e depois da inserção das tecnologias à realidade da empresa (Frontoni & et al., 2020).

A implementação da I4.0 não pode resolver questões enraizadas da própria empresa, como desorganização ou falta de gestão pelo que toda uma mudança de postura nas empresas é necessária (Shahin & et al., 2020). Tal ajuste de percurso seria possível com a implementação e manutenção das ferramentas *Lean*, que já estão presentes há algumas décadas e provaram que podem ser efetivas (Shahin & et al., 2020). Porém, assim como passa aos recursos de I4.0, a *Lean* sozinha não garante os resultados necessários ante uma era digital (Tortorella & et al., 2021).

Apesar de alguns autores apontarem uma possível incompatibilidade dos dois conceitos (Rossini & et al., 2021; Buer & et al., 2021), há mais evidências que apontam para o Lean 4.0 (Alieva & von Haartman, 2020), em que "(...) future factories will be able to cope with the need for rapid product development, flexible and low-cost production processes as well as a complex environment (Vyatkin & et al., 2007). The goals of lean and agile manufacturing, cost competitiveness and flexibility are aligned with the goal of Industry 4.0" (Ding & et al., 2021, p.1).

As I4.0T suportam empresas na gestão avançada e na troca de dados por meio de recursos como CPS, Cloud Computing e BDA (6), viabilizando o acesso à informação mais acurada e mais rapidamente obtida. Entretanto, não há receita para a implementação das novas tecnologias pelo que cada empresa precisa identificar suas necessidades para seleção das mais relevantes à sua realidade (Chiarini & Grando, 2020; Vlachos & et al., 2021). Tais recursos dão mais apoio para ultrapassar possíveis barreiras do processo de implementação *Lean* (Kamble & et al., 2020; Chiarini & Kumar, 2021).

*Lean* traz a consistência, enquanto as I4.0T geram incerteza quanto aos resultados pelo grande investimento que requerem. Entretanto, ambas priorizam a melhoria de eficiência, o foco na satisfação nas necessidades do consumidor e a lucratividade (Tiep & et al., 2020). De forma resumida, o grande desafio de I4.0 passa por encontrar a distância ideal, de acordo com a realidade de cada empresa, entre a medição de dados em tempo real, com as medidas de todos os KPI e custos produção ao mesmo tempo em que mantém um projeto efetivo de melhoria contínua com base nesses dados apurados (Chiarini & Kumar, 2021). O presente e o futuro evidenciam uma alta dependência entre *Lean* e I4.0 (Chiarini & Grando, 2020; Tran & et al., 2021; Kulinich & et al., 2021) e um plano estratégico de transformação digital se faz necessário para que os resultados

obtidos dessa sinergia entre os dois conceitos sejam mantidos e não perdidos (Busto Parra & et al., 2021; Chiarini & Kumar, 2021).

Ainda no escopo de I4.0, faz-se necessário um destaque quanto ao novo papel dos trabalhadores, uma vez que “since companies are socio-technical systems, one must consider the role of people in a smart factory because the digital technologies that support the I4.0 also bring important opportunities, as well as difficult challenges, for people. At least, this has been true for the previous “industrial revolutions”.” (Santos, 2020, p.18). Inclusive, há referência sobre o que seria a I5.0, L5.0 ou ainda a Sociedade 5.0, uma combinação de *Lean* com I4.0 com direção, não em tecnologias, centrada em humanos (Fonda & Meneghetti, 2022). Um ponto importante é que as questões socioculturais também devem adicionadas a essa equação porque resultados diferentes e algumas vezes opostos têm sido reportados em estudos de casos de empresas de países diferentes, inclusive quando analisadas sob a ótica de empresas localizadas em países em desenvolvimento *versus* desenvolvidos (Shahin & et al., 2020).

De forma geral, os especialistas argumentam que a I4.0 reduzirá trabalhos de baixa qualificação/habilidade, nos quais os humanos serão substituídos pelas máquinas, e aumentará a demanda por profissionais mais especializados e qualificados capazes de controlar a operação de tais máquinas (Fortuny-Santos & et al., 2020; Shahin & et al., 2020). Novas competências serão requeridas dos trabalhadores da era digital, uma vez que apenas os humanos são capazes de realizar atividades complexas de moderação entre os dados obtidos e a operação propriamente dita (Tortorella & Fettermann, 2018). Esses sistemas integrados permitem a digitalização das ferramentas e técnicas *Lean*, viabilizando maior transparência ao operador (Shahin & et al., 2020). Decorrente disso, já se faz perceptível no ambiente corporativo a deslocação do foco do desenvolvimento humano de treinamento e educação para aprendizado contínuo. Em outras palavras, tem-se esperado que um trabalhador seja produtivo ao mesmo tempo em que aprende durante a execução de suas atividades. Inclusive, alguns estudos já reformulam os 7 desperdícios tradicionais em operações (defeitos, inventário, movimentos, superprocessamento, superprodução, transporte e espera), acrescentando - sob o âmbito da I4.0 – a subutilização de talento humano (Rassameethes & et al., 2021).

Algumas pesquisas confirmam a mudança na percepção de aprendizado corporativo. Alguns dados interessantes demonstram que 84% dos executivos veem conhecimento como importante (40%) ou muito importante (44%). Quase metade dos trabalhadores expressam motivação e empolgação diante da possibilidade de aprendizado de novas habilidades e conhecimento durante as horas de trabalho. Além disso, cerca de 35% das horas de trabalho são gastas com aprendizado e mais de 80% dos trabalhadores participam em algumas atividades de aprendizado informal. É percebido

que esta alternativa surgiu para suportar o aprendizado contínuo e manter a motivação para aprender dos funcionários (Rassameethes & et al., 2021).

Ambas as metodologias estão relacionadas por suportarem-se mutuamente para que as empresas consigam perseguir seus objetivos, como manutenção dos lucros, da competitividade, aumento da partilha de mercado, entre outros. Não resulta ter os recursos para a medição dos dados de um lado se não houver uma equipa a olhar e gerir as melhorias com base neles. Ao mesmo tempo, não adianta querer melhorar a performance de uma empresa, sem captação de dados e as atualizações desses para que as decisões sejam pautadas em fatos. Nesse sentido, por mais que os robôs colaborativos ou algoritmos computacionais sejam de grande valia, os humanos continuam a ser peça fulcral na engrenagem industrial, ao serem capazes de garantir a integração e o funcionamento da Indústria. Assim, é necessária mão-de-obra mais especializada e capaz de aprender rápido ao mesmo tempo em que produz para dar resposta às alterações de demandas do mundo empresarial atual.



### 3. MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

No presente capítulo, é realizada a exposição do modelo proposto por meio da metodologia de pesquisa survey, conhecida por ser um método de coleta de dados e informações de grupos de indivíduos para, a partir disso, extrapolar o resultado para o universo de estudo. Uma revisão de literatura foi realizada com objetivo de perceber o atual cenário do relacionamento entre os conceitos-chave deste trabalho: Indústria 4.0 e *Lean Manufacturing*, atualmente referenciados na literatura como *Lean 4.0*. Os artigos mais relevantes listados pela WoS, conforme citado anteriormente, foram analisados e os seus contributos de diversas áreas de aplicação e/ou estudos de caso foram considerados. Além disso, de forma a perceber qual o panorama do tecido industrial português ante a temática, um inquérito foi elaborado e distribuído a profissionais em território nacional, cuja conceção será detalhada nos subtópicos seguintes e também a descrição do tratamento da base de dados oriunda de tal recurso de pesquisa.

#### 3.1. Elaboração do questionário e sua validação

Os questionários são um método preferencial para recolha de informação e com o objetivo de uma quantidade elevada de pessoas respondentes (Roopa & Menta Satya, 2012) e, quando elaborados corretamente, viabilizam a obtenção da perceção do grupo respondente sobre o tema em estudo permitindo o estabelecimento de afirmações que reflitam a realidade de uma população (grupo inteiro de observações) (James & et al., 2015). Inclusive, quando realizados online, permitem a redução do tempo necessário ao seu preenchimento, aumento de alcance a potenciais respondentes e reduzem os custos da sua execução (Bucevska, 2007; Centro para a inovação no setor Público LABX, n.d.).

De modo a perceber a realidade do cenário nacional português face à temática em estudo, desenvolveu-se um inquérito para recolha de informação e verificação do panorama local. Nesse sentido, recorreu-se ao site Survey Monkey para construir o questionário e armazenar as suas respostas obtidas. A escolha da plataforma visou a obtenção de uma amostra com mais respondentes a considerar o baixo índice de respondentes de questionários e o prazo para conclusão dos trabalhos.

As questões serão apresentadas ao longo deste tópico. Assim sendo, o questionário foi distribuído online à rede registada no site, com uma descrição do propósito da investigação, tendo sido

direcionado principalmente a pessoas trabalhadoras da indústria em Portugal e mais alguns critérios descritos na seção 3.2.2.

O questionário encontra-se dividido em 4 partes e é composto por vinte perguntas e uma pergunta extra inicial apenas a título de triagem para garantir que os respondentes de facto conhecem e têm contato com a temática em estudo. Das restantes 19, apenas uma questão aberta, dezasseis questões fechadas e duas questões mistas. Cada seção e questão foi desenhada de forma criteriosa com foco à obtenção de respostas consistentes e evitando o enviesamento nas respostas (Kitchenham & Pfleeger, 2002). Posto isso, procurou-se desenvolver uma redação clara, neutra e objetiva de fácil entendimento pelos inquiridos e um total de questões suficiente para cobrir todo o assunto do estudo, tendo em consideração a promoção de fluidez de raciocínio na ordem de introdução das questões no questionário.

### **3.2. Estrutura do questionário**

A primeira seção do questionário possui uma breve descrição de seu propósito de implementação e como estão dispostas suas seções e as respetivas quantidades de questões de cada uma, além da menção à garantia de anonimato, como pode ser visto no anexo I. Trata da triagem dos respondentes, cuja pergunta é apresentada no anexo II. Trata-se de um segundo momento – após o prévio direcionamento da distribuição a pessoas com requisitos prévios desejados – em que se busca que apenas o público-alvo avance para o documento e responda às questões, reforçando assim a fiabilidade e a qualidade do produto final. Aqui, pergunta-se se o potencial respondente trabalha numa empresa que possui implementados recursos de Indústria 4.0 e exemplifica alguns. Em caso positivo, o potencial inquirido é validado e o questionário se inicia; caso contrário, o questionário é encerrado.

A segunda seção permite obter de informação geral sobre o inquirido e a organização em que trabalha, através de onze questões que podem ser conhecidas em detalhe no anexo III. Inicia com questões sobre a organização na qual o respondente trabalha, nomeadamente quanto à dimensão, quanto ao número de trabalhadores da empresa (questão 2), se esta é nacional ou multinacional (questão 3); em que região do país está localizado o principal escritório (questão 4). Nesta quarta questão, foi usada a nomenclatura NUTS II (Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos), desenvolvida pela Eurostat com o objetivo de tratar a divisão territorial regional de cada país-membro da União Europeia (PORDATA, n.d.). A designação NUTS II para os fins deste trabalho é a que possui a melhor relação custo-benefício em seu uso, face as NUTS I e III, ao dividir

o território em sete regiões permitindo o fácil e rápido entendimento da localização geográfica sem o recurso a uma extensa lista de opções. A seguir, solicita-se a identificação do setor de atividade industrial da empresa (questão 5), utilizando as indicações da DGAE (Direção-Geral das Atividades Económicas). As questões seguintes são direcionadas ao inquirido: qual a função exercida (questão 6), qual o departamento em que atualmente desempenha tais funções (questão 7) e qual a habilitação académica (questão 8). Nas perguntas nove e dez, busca-se perceber a antiguidade da temática na vida desse profissional ao perguntar se possui experiência laboral anterior à atual com recursos e/ou ferramentas *Lean* e da Indústria 4.0. E, por fim, nas perguntas onze e doze, qual o gênero e o grupo etário do respondente.

### 3.2.1. Informação específica

A seção três trata de informações relacionadas à implementação *Lean*, apresentando duas questões: uma de validação *Lean*, em que se busca saber se a empresa possui implementados ferramentas da metodologia *Lean* e, em caso positivo, na pergunta seguinte, para que sejam selecionados quais são os recursos utilizados. Caso não ocorra o uso de tais ferramentas, a pergunta seguinte não é mostrada e o questionário passa à fase seguinte. Mais detalhes estão expostos no anexo IV (perguntas) e no apêndice (fluxograma da estrutura do inquérito).

A quarta e penúltima seção traz quatro perguntas sobre a implementação de tecnologias de Indústria 4.0, apresentadas no anexo V. Não há pergunta de validação porque esta já ocorreu no início do inquérito (item 3.2.1.1.2.). A primeira questão, 15ª do questionário, solicita a indicação da percepção do impacto da implementação das tecnologias para a performance da empresa, deixando em aberto a possibilidade de responder “N/A” (não se aplica) nos casos em que o recurso não é usado pela organização ou cujos impactos não são conhecidos. A seguir, pede-se indicação dos recursos (e em que grau de profundidade) que são usados e quais os desafios/limitações à implementação dos recursos I4.0. Na questão 18, pergunta-se quais os recursos de sistemas de informação, relacionados a recursos I4.0, são usados. A seguir, procura-se avaliar o impacto dos novos recursos sobre a metodologia *Lean* e em que medida o sucesso dos recursos I4.0 são (ou foram) suportados por implementação prévia do pensamento *Lean*, este atuando como facilitador das novas tecnologias.

À exceção da pergunta 18, foi utilizada a escala de *likert* de 5 pontos para a mensuração da percepção do colaborador e as diferentes intensidades de opinião, sendo esse método de avaliação considerado eficaz por combinar de maneira efetiva recursos estatísticos e comportamentais para o levantamento de informações e a análise de dados (Cunha, 2007; Frankenthal, 2022).

### 3.2.2. Validação do questionário

De forma a verificar se as questões que compõem o inquérito, tendo como base o enquadramento deste aos propósitos do estudo e de sua implementação (Mendes & & et al., n.d.), este foi testado com uma pequena amostra de quatro especialistas que trabalham com *Lean* e I4.0. A atividade de validação é relevante e considerada uma prática fundamental antes do início da recolha de dados (Hunston & Oakey, 2020).

O objetivo é a verificação do conteúdo dos itens propostos, isto é, se a linguagem e a ordem eram perceptíveis. Alguns ajustes de terminologia foram necessários como no caso da substituição do termo “especialista” por “título de especialista” e maior clareza na redação da pergunta sobre habilitações académicas, são dois exemplos. Além da eliminação de pontos considerados redundantes ou irrelevantes, como a antiguidade do colaborador na empresa ou o bloqueio/liberação de questões a depender das respostas dos inquiridos (questão de validação *lean*, por exemplo). Por fim, o documento final continha as 20 questões e possuía um tempo estimado de conclusão de 7 minutos.

### 3.2.3. Caracterização da Amostra

O estudo teve como alvo os colaboradores de organizações, nacionais e estrangeiras, que desempenham atividade industrial em Portugal. Dessa forma, o inquérito foi distribuído a indivíduos entre 23 e 80 anos de idade, independentemente de género e qualificação, que ocupe cargos de responsabilidade, de coordenadores a diretores. Especificamente, quanto à qualificação, não foi realizado filtro ou direcionamento de público específico dada a heterogeneidade de profissionais que desempenham alguma atividade no ramo industrial em Portugal e que tem contacto ou tiveram com a metodologia *Lean* e/ou recursos de I4.0. Nenhum tipo de ponderação quanto ao género, idade ou setor industrial foi utilizado, tendo sido o inquérito distribuído por email e as respostas recebidas livremente.

Esses critérios, somados ao envio via base de dados da Survey Monkey, objetivaram maximizar a quantidade de respostas ao questionário que, de acordo com a literatura, idealmente espera-se em torno de ou superior a 100 (Mendes & & et al., n.d.), para que seja considerado viável para análise e estudo (Tabachnick & Fidell, 2019).

Para que um potencial inquirido fosse considerado apto a responder ao inquérito, uma pergunta fechada (“sim” ou “não”) inicial funcionava como validadora ao questionar se a pessoa trabalhava numa empresa que possui implementados recursos de Indústria 4.0 dando exemplos. Passava ao questionário para respondê-lo aqueles que respondiam positivamente. Essa validação representou uma taxa de desqualificação de 30% dentre aqueles que acederam ao questionário para respondê-lo.

### 3.2.4. Levantamento e criação de uma base de dados

O levantamento de dados ocorreu entre 20 de maio e 27 de junho de 2022, devido à baixa taxa de incidência estimada de 20%, isto é, o percentual estimado de pessoas que se qualificavam para responder, segundo os critérios expostos anteriormente neste documento. Ao todo, 191 indivíduos abriram a ligação do questionário e, das quais, somente 131 pessoas (68.6%) reuniam os requisitos pela pergunta de triagem, isto é, colaboradores de empresas com recursos de I4.0 implementados ou em implementação. Entretanto, 23 respostas foram desqualificadas por terem sido respondidas por pessoas que, embora já tenham desempenhado funções de liderança, no momento do inquérito não o estavam a fazer. Sendo assim, o estudo foi realizado com 108 respostas válidas (figura 13).

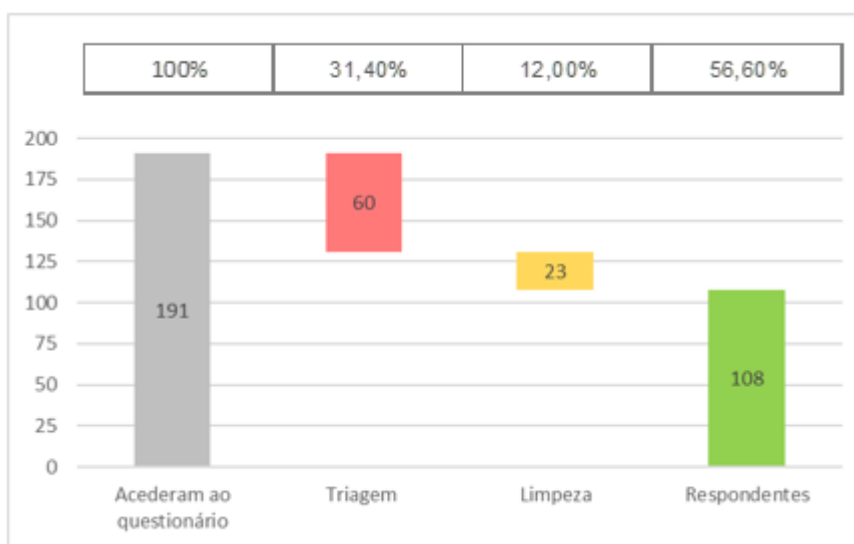


Figura 13 – Waterfall do saldo de respondentes do questionário

As respostas foram transferidas para um ficheiro MS Excel®, onde todo o tratamento preliminar de dados e algumas análises foram feitas. No entanto, a maior parte das análises estatísticas que se

realizaram, utilizaram o software IBM SPSS<sup>®</sup>. Os resultados, da análise descritiva e inferencial realizada, serão apresentados no próximo capítulo, juntamente com os resultados da revisão bibliográfica.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA

Neste capítulo são apresentados os resultados da revisão bibliográfica realizada (subcapítulo 4.1), os dos dados recolhidos através do questionário implementado a nível nacional que inclui ainda uma descrição do perfil da amostra obtida (subcapítulo 4.2), a exposição da análise fatorial executada (subcapítulo 4.3) e a discussão do resultado global (subcapítulo 4.4).

### 4.1. Análise de resultados da revisão bibliográfica

A metodologia *Lean* possui uma história de redução de desperdícios com objetivo de maximizar valor pela ótica do cliente, implementando uma lógica cíclica de melhoria (Kamble & et. Al., 2020; Al Balkhy & et. Al., 2021). As empresas precisam primeiramente conhecer sua realidade interna para então conseguir apontar os pontos-chave a melhorar e ajustar por meio dos recursos *Lean* e, por fim, estarem aptas a implementar tecnologias de I4.0 (Ghouat & et. Al, 2021; Alieva, & von Haartman, 2020; Buer & et al., 2021).

A percepção geral ainda é que há muita teoria acerca dos dois conceitos, mas poucos artigos publicados sobre casos de integração *Lean* 4.0. Já quanto a aplicação de recursos de I4.0 há diversas referências, ainda que dispersas, na literatura. (Zheng & et al., 2021, Buer & et al., 2021).

A I4.0 é percebida, e continuará a ser por algum tempo, como desafiante para as empresas por preconizar a tomada de decisão automatizada e partilhada nas empresas. Entretanto, para que isso seja viabilizado, faz-se necessário o estabelecimento de linhas de comunicação internas que sejam confiáveis e seguras, que as máquinas sejam interconectadas para a recolha de dados, o uso de sensores e de processos padronizados e o recurso a conhecimento especializado (Adrita & et al., 2021). Ainda que o investimento seja apontado como uma barreira, as tecnologias de I4.0 estão a tornar-se mais acessíveis pela redução do custo de implementação e aquisição (Ding & et al., 2021). Ainda que *Lean* e I4.0 tenham abordagens diferentes, possuem um objetivo comum de redução de desperdícios e passos/tarefas que não agregam valor, resultando assim no conceito combinado *Lean* 4.0 que marca a potência das melhorias que as empresas podem alcançar ao unirem as sinergias dos conceitos (Adrita & et al., 2021; Pereira & Sachidananda, 2022). Em outras palavras, ambos os conceitos podem coexistir e suportar um ao outro. Inclusive, I4.0T é percebida como um

elemento que aumenta a maturidade da LM nas empresas pela digitalização de recursos *Lean*. (Valamede & Santos Akkari, 2020).

Indubitavelmente, empresas capazes de mais inovação são melhor posicionadas para gerir os riscos inerentes à adoção de *Lean 4.0*, devido à eficiência operacional. A implementação de I4.0 está diretamente relacionada com a capacidade da empresa inovar (Dixit & et al., 2022).

Nesse sentido, *Lean 4.0* preconiza uma melhor utilização dos recursos, sendo necessário um destaque ao fator humano. É de suma importância que as empresas sejam capazes de continuamente motivar seus funcionários e viabilizar a autonomia destes na aprendizagem diária ao mesmo tempo que produzem em suas funções. As tecnologias de I4.0 trazem consigo uma maior rapidez na aprendizagem, o que muda o significado tradicional de formação de colaboradores no sentido de algo dinâmico e contínuo (Rassameethes & et al., 2021).

## **4.2. Análise de resultados do inquérito**

Neste subcapítulo será caracterizada a amostra obtida a partir do inquérito realizado com trabalhadores da indústria, em cargos de liderança e que trabalham em Portugal.

Para interpretação dos resultados obtidos, foram utilizados alguns recursos de análise estatística, como teste qui-quadrado e teste exato de Fisher para validação do ajustamento de variáveis na análise fatorial confirmatória; teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para verificação da existência de diferença na distribuição entre pelo menos duas variáveis não pareadas; teste de comparações múltiplas pelo método Pairwise, que permite a seleção das variáveis de maior peso mais rapidamente aquando da existência de diversas variáveis e verificar – caso existam – a que se devem essas diferenças entre as variáveis analisadas; alpha de Cronbach para verificação da consistência interna das variáveis; teste KMO que avalia a possibilidade de aplicação de análise fatorial; e teste de esfericidade de Bartlett para examinar uma eventual ausência de correlação na população.

### **4.2.1. Caracterização da amostra**

Foram obtidos 108 inquéritos completamente respondidos, cujos detalhes serão abordados ao longo desta seção.



Figura 14 – Distribuição demográfica dos respondentes

Quanto à distribuição geográfica das empresas (figura 14), verifica-se que a maioria delas se encontra na região Norte (Castiglione & & et al., 2022), seguindo-se a região de Lisboa (Vlachos & & et al., 2021) e Centro (25). A considerar a nacionalidade das empresas, 90,8% são empresas sediadas em Portugal e 9,2% são estrangeiras com operações em Portugal (ver figura 15). Constatase também que, dentre as nacionais, a sua maioria (92,86%) se situa numa dessas três regiões.

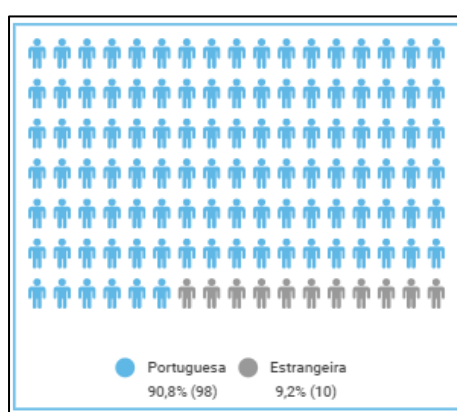


Figura 15 - Nacionalidade das empresas representadas

Relativamente ao ramo industrial dessas organizações (figura 16), a indústria alimentar/bebidas (16), indústria do automóvel, mobilidade e transportes (9), indústria têxtil (7), indústria de energia

(eletricidade, gás e água) (6) e indústria do vestuário (6) são as mais representadas. Por sua vez, sob a etiqueta “Outras” estão os setores menos representados, dentre eles: energia renovável, calçado, química, aeroespacial, de base florestal, do mobiliário, do aço, da borracha e do plástico.

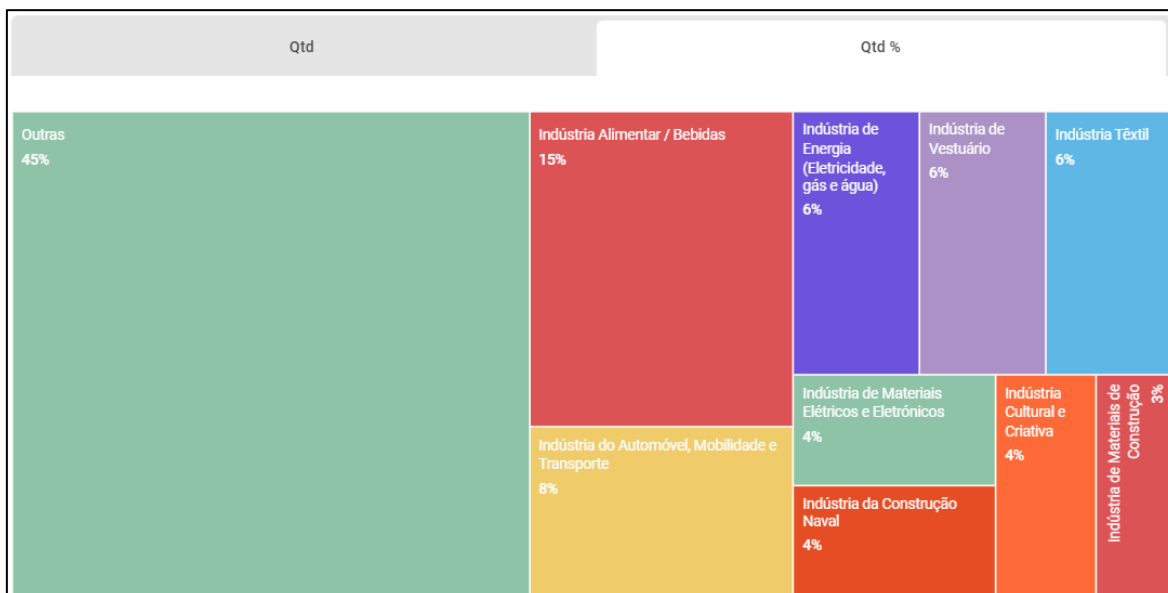


Figura 16 – Distribuição dos respondentes por indústria de atuação

Quanto ao número de trabalhadores das organizações (figura 17), verifica-se as empresas grandes sozinhas representam 33 respostas (31%). Entretanto, se for considerada a divisão PME e Grandes, a maior parte são PME (75), empresas que possuem menos de 250 colaboradores.

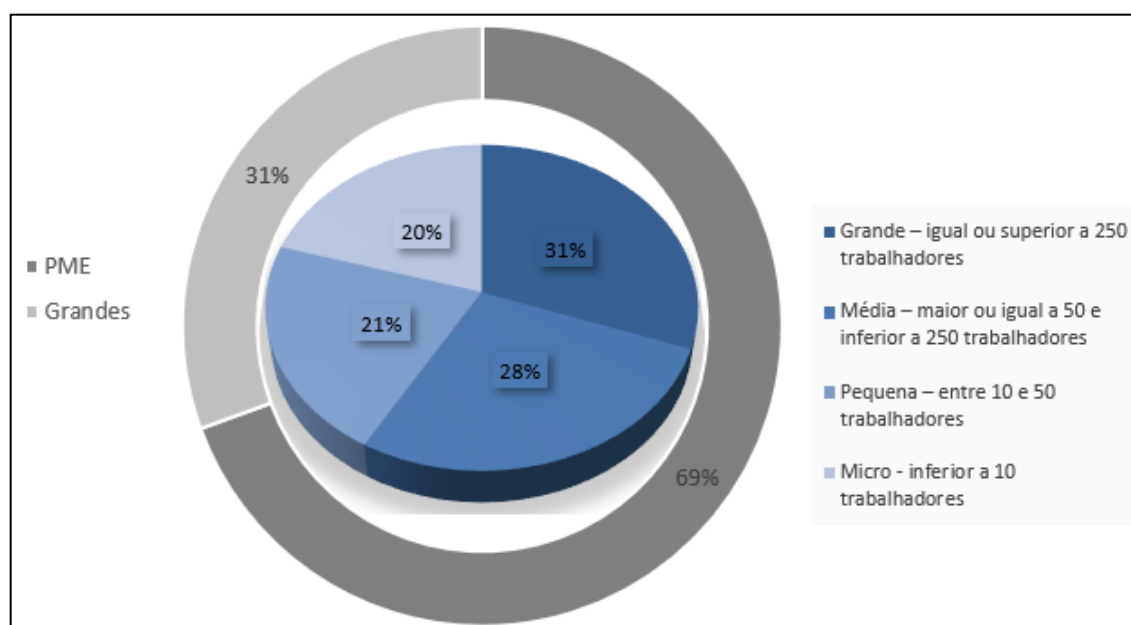


Figura 17 – Distribuição do tamanho das empresas representadas

Do universo de respostas, 64,81% dos participantes são do sexo masculino (figura 18).

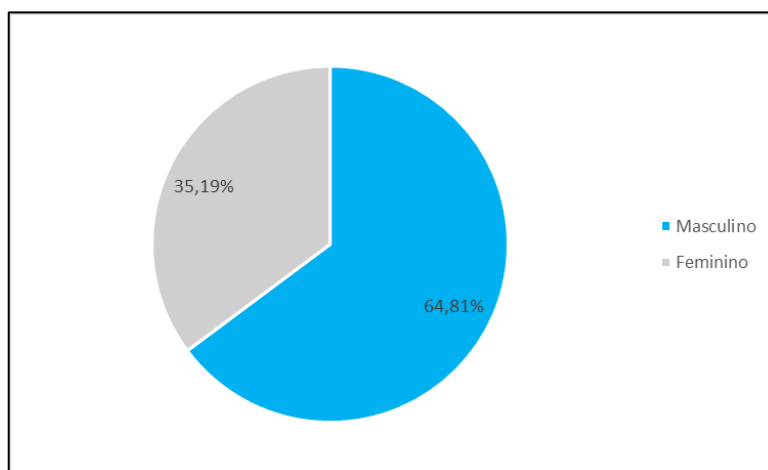


Figura 18 – Gênero dos respondentes

As faixas etárias oscilam entre os 18 anos de idade até acima dos 60 anos com a distribuição apresentada na figura 19 **Error! Reference source not found.**

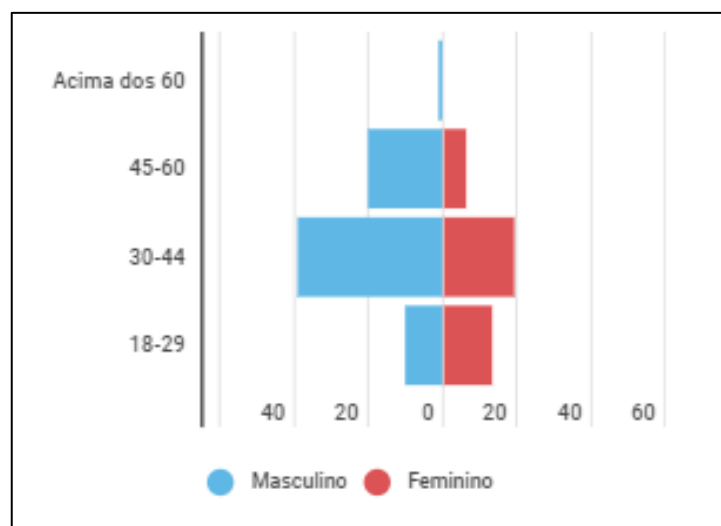


Figura 19 – Faixa etária dos respondentes

Em relação ao grau de qualificação académica, constata-se que a maior parte (63%) possui formação de nível superior, nomeadamente licenciatura (36,1%), mestrado (23,1%), doutoramento

(1,9%), pós-doutoramento (1,9%) e título de especialista (0,9%). Na figura 20, em “Outros” estão as habilitações menos representadas, como 1º ciclo, 3º ciclo e doutoramento.

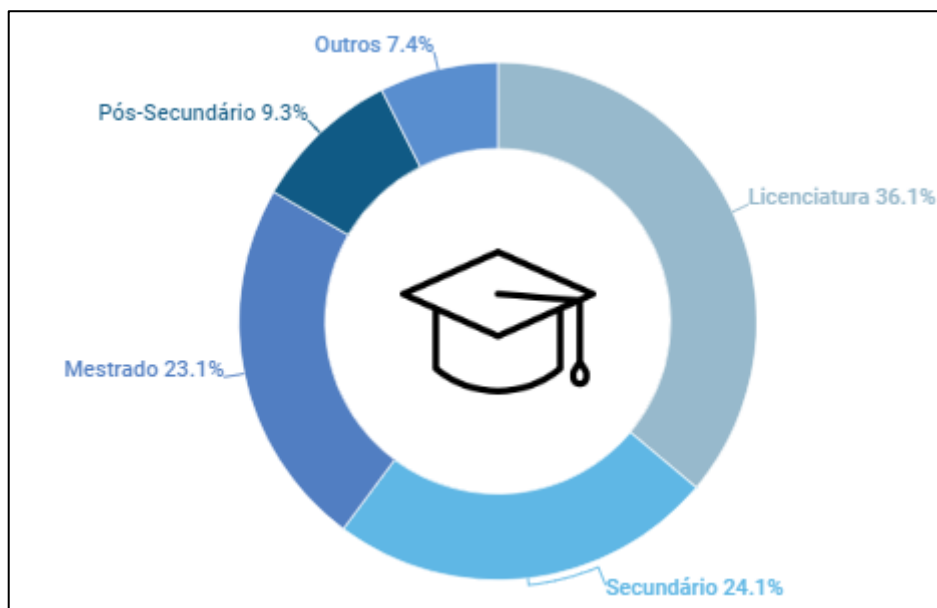


Figura 20 – Grau de escolaridade dos respondentes

Em termos do departamento onde os participantes do inquérito trabalham, na figura 21, verifica-se que o setor de produção (24), comercial (16), logística/distribuição (12), projetos (11), financeiro/controladoria (8) e recursos humanos (6) correspondem a 71,3% do total. Menos representativos, os setores de qualidade, marketing, tecnologia da informação, pesquisa e desenvolvimento e outros, na ordem em que são mencionados.

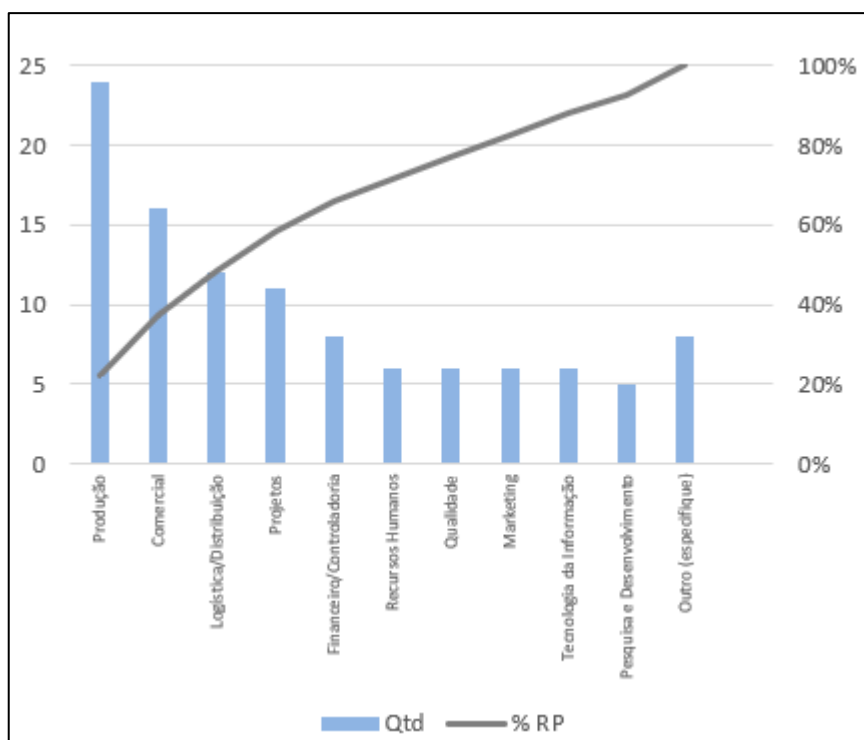


Figura 21 – Setor/Departamento de trabalho dos respondentes

Já pela tabela 2 abaixo, é possível verificar que nesses departamentos a distribuição por gênero indica que as funções são exercidas essencialmente por colaboradores do sexo masculino.

Tabela 2 – Tabulação cruzada: Departamento x gênero do respondente

Tabulação cruzada – Qual o seu departamento atual? * Gênero do respondente				
Contagem	Qual o seu departamento atual?	Gênero do respondente		Total
		Feminino	Masculino	
	Comercial	5	10	15
	Financeiro/Controladoria	2	6	8
	Logística/Distribuição	4	8	12
	Marketing	3	3	6
	Pesquisa e Desenvolvimento	0	5	5
	Produção	9	15	24
	Projetos	3	8	11
	Qualidade	5	1	6
	Recursos Humanos	4	2	6
	Suprimentos/Compras	2	2	4
	Tecnologia da Informação	0	6	6
	Administrativo	0	1	1
	Vendas	1	0	1
	Ensino	0	1	1
	Gestor	0	1	1
	Gerência	0	1	1
<b>Total</b>		<b>38</b>	<b>70</b>	<b>108</b>

Relativamente à função exercida na empresa pela qual respondem, 24,1% é coordenador/Chefe de setor, 22,2% é Supervisor e 15,7% é CEO (tabela 3).

Tabela 3 – Distribuição por função

		Qual a função que exerce?			
		Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Válido	CEO	17	15,7	18,5	18,5
	CFO	4	3,7	4,3	22,8
	Consultor(a)	1	,9	1,1	23,9
	Coordenador(a)/Chefe de Setor	26	24,1	28,3	52,2
	COO	1	,9	1,1	53,3
	Diretor(a)	7	6,5	7,6	60,9
	Gerente	12	11,1	13,0	73,9
	Supervisor(a)	24	22,2	26,1	100,0
	Total	92	85,2	100,0	
Omisso	9999	16	14,8		
Total		108	100,0		

#### 4.2.2. Análises Lean e I4.0

Nesta subsecção serão apresentados os resultados obtidos por meio das perguntas realizadas no questionário aplicado.

Os respondentes foram inquiridos com relação à experiência laboral anterior à atual com ferramentas *lean*, tendo 65,7% contacto prévio (figura 22).

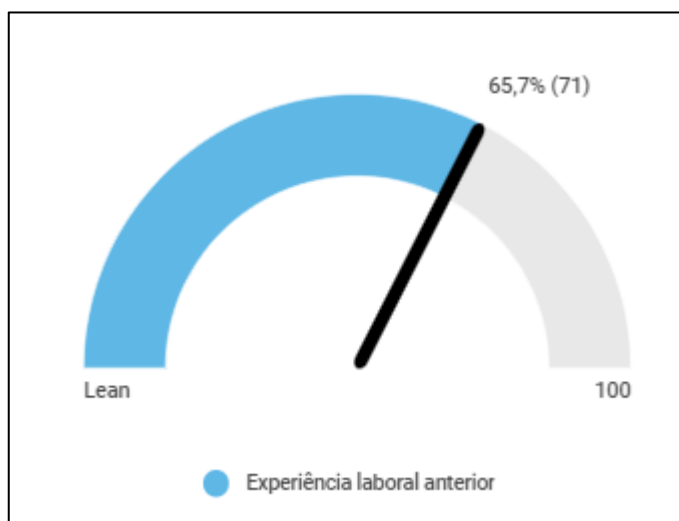


Figura 22 – Grau de implementação Lean

Pela tabela 4, verifica-se que 79,6% das empresas têm implementados princípios *Lean*, sendo os mais aplicados o *Kaizen*, 5S e Gestão Visual. As duas primeiras ferramentas são as mais utilizadas

por Coordenador(a)/Chefe de Setor e Supervisor(a); enquanto que o princípio *Kaizen* é o mais utilizado por Supervisor (tabela 4).

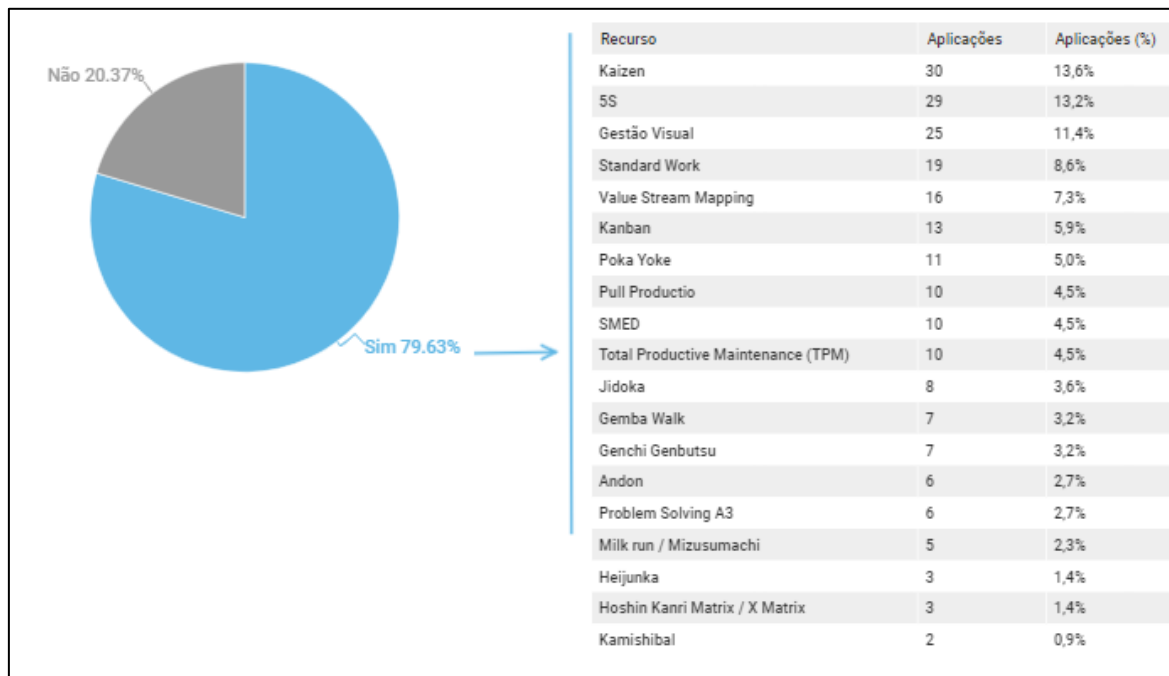


Figura 23 – Implementação Lean e ferramentas mais utilizadas

Tabela 4 – Tabulação cruzada: ferramenta lean x função

Tabulação cruzada Ferramenta Lean* Qual a função que exerce?									
		Qual a função que exerce?							
		CEO	CFO	Coordenador(a)/ Chefe de Setor	COO	Diretor(a)	Gerente	Supervisor(a)	Total
Princípio Lean	Contagem								
	5S	4	2	7	0	3	4	9	29
	Andon	0	1	1	0	1	0	3	6
	Gemba Walk	1	0	0	0	0	1	5	7
	Genchi Genbutsu	2	1	0	0	1	1	2	7
	Gestão Visual	2	1	7	0	3	2	6	21
	Heijunka	0	0	0	1	0	1	1	3
	Hoshin Kanri Matrix / X Matrix	1	0	0	0	0	0	2	3
	Jidoka	1	1	0	1	1	0	2	6
	Kaizen	6	2	3	1	2	5	8	27
	Kamishibal	0	0	1	0	0	0	1	2
	Kanban	2	1	3	1	3	1	2	13
	Milk run / Mizusumachi	0	1	0	0	1	2	1	5
	Problem Solving A3	1	0	2	0	0	0	3	6
	Poka Yoke	1	1	0	0	3	1	4	10
	Pull Productio	1	0	3	0	1	2	1	8
	SMED	2	1	0	0	2	1	0	6
	Standard Wor	2	1	3	0	1	4	6	17
	Total Productive Maintenance (TPM)	1	0	3	1	1	1	1	8
	Value Stream Mapping	1	0	6	0	1	3	3	14

<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>75</b>
--------------	-----------	----------	-----------	----------	----------	----------	-----------	-----------

Porcentagens e totais têm respondentes como base.  
a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.

O departamento de Produção é o que mais recorre aos recursos mais indicados, seguido do setor de Projetos e Logística/Distribuição, como pode ser visualizado na tabela 5.

Tabela 5 – Tabulação cruzada: Ferramentas Lean x Departamento

Tabulação cruzada \$FerramentaLean\$Q7			Qual o seu departamento atual?														Total		
FerramentaLean*	Contagem		Comercial	Financeiro/Controladoria	Logística/Distribuição	Marketing	Pesquisa e Desenvolvimento	Produção	Projetos	Qualidade	Recursos Humanos	Suprimentos/Compras	Tecnologia da Informação	Administrativo	Vendas	Ensino		Gestor	Gerência
FerramentaLean*	Ferramenta Lean 5S	Contagem	2	0	3	2	1	9	4	2	4	0	1	0	1	0	0	0	29
	Ferramenta Lean Andon	Contagem	1	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Ferramenta Lean: Gemba Walk	Contagem	1	0	0	1	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7
	Ferramenta Lean: Genchi Genbutsu	Contagem	0	1	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	7
	Ferramenta Lean: Gestão Visual	Contagem	3	2	2	1	1	7	2	3	2	1	0	0	0	1	0	0	25
	Ferramenta Lean: Heijunka	Contagem	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Ferramenta Lean: Hoshin Kanri Matrix / X Matrix	Contagem	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Ferramenta Lean: Jidoka	Contagem	0	0	2	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	8
	Ferramenta Lean: Kaizen	Contagem	4	1	4	2	1	5	6	2	2	0	1	0	0	0	1	1	30
	Ferramenta Lean: Kanban	Contagem	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Ferramenta Lean: Kanban	Contagem	1	1	3	0	0	1	3	1	2	0	0	0	1	0	0	0	13
	Ferramenta Lean: Milk Run / Mitsuimachi	Contagem	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	Ferramenta Lean: Problem Solving A3	Contagem	1	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
	Ferramenta Lean: Poka Yoke	Contagem	0	3	1	0	0	2	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	11
	Ferramenta Lean: Pull Productivo	Contagem	0	0	2	0	0	3	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	10
	Ferramenta Lean: SMED	Contagem	1	1	1	0	1	2	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	10
	Ferramenta Lean: Standard Work	Contagem	2	1	1	2	2	4	2	1	2	0	1	0	1	0	0	0	19
	Ferramenta Lean: Total Productive Maintenance (TPM)	Contagem	0	1	1	0	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	10
	Ferramenta Lean: Value Stream Mapping	Contagem	1	2	2	1	1	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
	<b>Total</b>	Contagem	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>87</b>

Porcentagens e totais têm respondentes como base.  
a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.

Com relação à função exercida pelo respondente e a utilização de ferramentas Lean, pode-se perceber o recurso a 5S, Gestão Visual, Kaizen, Standard Work e Value Stream Mapping são as mais utilizadas, sendo os coordenadores/chefes de setor e supervisores os que mais recorrem a tais recursos no desempenho de suas funções (tabela 6).

Tabela 6 – Utilização do princípio Lean por função

Tabulação cruzada – Ferramenta Lean * Qual a função que exerce?		Qual a função que exerce?							Total
Contagem		CEO	CFO	Coordenador(a)/ Chefe de Setor	COO	Diretor(a)	Gerente	Supervisor(a)	
Princípio Lean	5S	4	2	7	0	3	4	9	29
	Andon	0	1	1	0	1	0	3	6
	Gemba Walk	1	0	0	0	0	1	5	7
	Genchi Genbutsu	2	1	0	0	1	1	2	7
	Gestão Visual	2	1	7	0	3	2	6	21
	Heijunka	0	0	0	1	0	1	1	3
	Hoshin Kanri Matrix / X Matrix	1	0	0	0	0	0	2	3
	Jidoka	1	1	0	1	1	0	2	6

Kaizen	6	2	3	1	2	5	8	27
Kamishibal	0	0	1	0	0	0	1	2
Kanban	2	1	3	1	3	1	2	13
Milk run / Mizusumachi	0	1	0	0	1	2	1	5
Problem Solving A3	1	0	2	0	0	0	3	6
Poka Yoke	1	1	0	0	3	1	4	10
Pull Production	1	0	3	0	1	2	1	8
SMED	2	1	0	0	2	1	0	6
Standard Work	2	1	3	0	1	4	6	17
Total Productive Maintenance (TPM)	1	0	3	1	1	1	1	8
Value Stream Mapping	1	0	6	0	1	3	3	14
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>75</b>

Percentagens e totais têm respondentes como base.  
a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.

Outra ótica analisada foi o uso destas ferramentas por região do país. A Região Norte aparece em primeiro lugar, seguida de Lisboa, como a que mais recorre aos recursos *Lean* na Indústria no quotidiano. Juntas, as duas regiões, somam mais de 70% do uso da metodologia *Lean* em Portugal (figura 24).

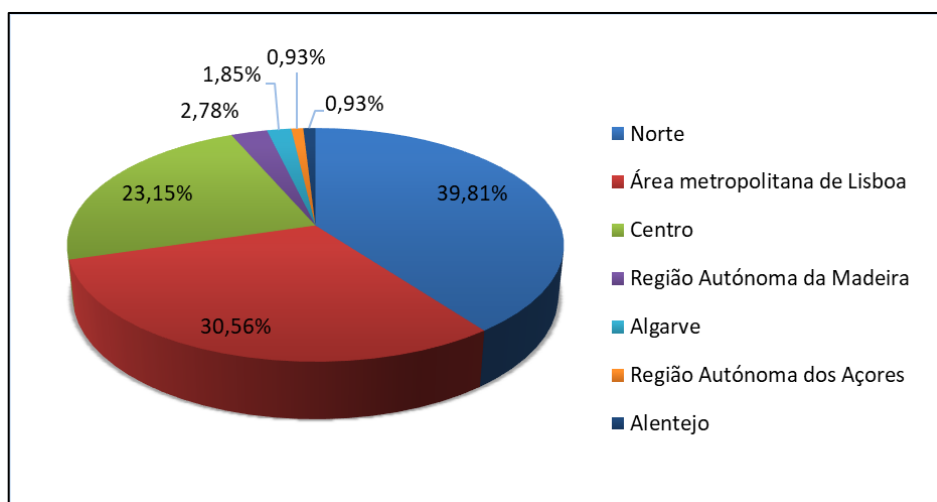


Figura 24 – Uso metodologia *Lean* por região do país

De forma mais detalhada, na tabela 7 abaixo, é possível verificar o uso de ferramentas *Lean* por região do país. O recurso 5S e Milk run possuem uso parecido em ambas as regiões e Standard Work e Problem Solving A3 e VSM são mais usados em Lisboa do que no Norte, contrariamente aos demais recursos listados.

Tabela 7 – Relação entre Ferramentas Lean e Região do país

Tabulação cruzada – Ferramenta Lean * Em que região se localiza a sede/escritório principal da sua empresa em Portugal?		Em que região se localiza a sede/escritório principal da sua empresa em Portugal?						
		Algarve	Área Metropolitana de Lisboa	Centro	Norte	Região Autónoma da Madeira	Região Autónoma dos Açores	Total
Ferramenta Lean	5S	0	10	5	13	1	0	29
	Andon	0	1	3	2	0	0	6
	Gemba Walk	0	1	2	4	0	0	7
	Genchi Genbutsu	0	2	1	4	0	0	7
	Gestão Visual	2	6	6	9	2	0	25
	Heijunka	0	0	1	2	0	0	3
	Hoshin Kanri Matrix / X Matrix	1	1	0	1	0	0	3
	Jidoka	0	1	1	6	0	0	8
	Kaizen	1	8	6	13	1	1	30
	Kamishibal	0	0	0	2	0	0	2
	Kanban	1	2	5	5	0	0	13
	Milk run / Mizusumachi	1	2	0	2	0	0	5
	Problem Solving A3	0	3	2	1	0	0	6
	Poka Yoke	0	3	2	5	1	0	11
	Pull Production	0	2	3	5	0	0	10
	SMED	0	2	3	5	0	0	10
	Standard Work	0	11	4	3	0	1	19
	Total Productive Maintenance (TPM)	0	3	4	2	1	0	10
Value Stream Mapping	0	7	1	6	2	0	16	
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>87</b>
Porcentagens e totais têm respondentes como base.								
a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.								

#### 4.2.2.1. Implementação de tecnologias de I4.0

Todos as empresas possuem tecnologias de I4.0 implementadas (tabela 10), isso ocorre porque esta pergunta foi a triagem principal para o inquérito, tendo avançado no processo apenas colaboradores que reconheciam a aplicabilidade dos recursos nas suas empresas.

Tabela 8 – Implementação de tecnologias de I4.0

A sua empresa possui tecnologias de Indústria 4.0 implementadas?			
Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulativa
108	100,0	100,0	100,0

Entretanto, apenas 62% desses mesmos colaboradores tiveram experiência laboral anterior com o uso de tais tecnologias (Figura 25).



Figura 25 – Grau de implementação I4.0

Com relação a quais recursos de Indústria 4.0 são usados (tabela 11), nomeadamente *Big Data & Analytics (BDA)*, *Cloud Computing (CC)*, *Cybersecurity (CS)*, *Internet of Things (IoT)*, *Machine Learning/Inteligência Artificial (ML/AI)*, *Manufatura Aditiva (AM)*, *Realidade Aumentada/Virtual (AR/VA)*, *Robôs Colaborativos (CR)* e *Veículos Autónomos (AV)*, e em que grau de profundidade, *BDA*, *CC* e *CS* foram os mais apontados como em uso pelas empresas, *IoT* foi o mais indicado como em estudo preliminar para vias de implementação.

Tabela 9 – Implementação da I4.0 por tipo de recurso

Contagem	Não implementado	Em estudo preliminar	Implementação em andamento	Já implementado, em uso	Já implementado, mas abandonado
Big Data e Analytics	10	8	8	14	6
Cloud Computing	7	5	11	16	3
Cybersecurity	2	4	11	14	3
IoT (Internet of Things)	7	14	7	6	0
Machine Learning/ Inteligência Artificial	7	3	5	5	4
Manufatura Aditiva	3	3	6	5	2
Realidade Aumentada/Virtual	3	4	4	3	2
Robôs Colaborativos	2	6	4	4	2
Veículos Autônomos	7	6	2	2	2

Relativamente ao impacto percebido para a performance da empresa, na tabela 12, os mesmos três recursos aparecem com maior saldo positivo. Dois resultados interessantes são *IoT* e *ML/AI* por serem percebidos como recursos que impactaram negativamente. Há, ainda, a registar o fato de *BDA* juntamente com *IoT* se situarem no grupo dos recursos sem impacto. Estes resultados podem evidenciar a falta de conhecimento, por parte dos participantes, principalmente dos efeitos positivos da aplicação dessas tecnologias e/ou resultado da produção de dados em velocidade cada vez mais rápida e num menor espaço de tempo em que empresas e pessoas ainda possuem desafios para processá-los e utilizá-los na tomada de decisões (Fortuny-Santos, 2020).

Tabela 10 – Percepção de impacto da implementação de recursos I4.0

Contagem	Não se aplica/ Desconheço	Impacto muito negativo	Impacto negativo	Sem impacto	Impacto positivo	Impacto muito positivo
Big Data e Analytics	8	2	4	11	16	6
Cloud Computing	5	3	2	6	12	7
Cybersecurity	4	1	4	7	8	15
Internet of Things	5	4	7	11	11	6
Machine Learning	5	8	6	6	8	4
Manufatura Aditiva	5	5	4	7	3	8
Realidade aumentada /virtual	3	2	7	9	7	4
Robôs Colaborativos	7	3	2	4	7	6
Veículos Autônomos	17	7	4	5	4	5

O alto investimento em hardware/software, o compromisso da gestão de topo e a ausência/pouca oferta de provedores de recursos tecnológicos foram apontados como os maiores desafios e/ou

limitantes à adoção dessas novas tecnologias pelas empresas. Ainda aparecem com impacto relevante uma necessidade de maior colaboração do departamento de recursos humanos e a disponibilidade de mão de obra qualificada, pela contratação ou pelo desenvolvimento de competências (Tabela 13).

Tabela 11 – Desafios à implementação I4.0

Contagem	Sem impacto	Muito pouco impacto	Pouco impacto	Médio impacto	Alto impacto
Alto investimento em hardware/software	8	3	7	15	17
Ausência / pouca oferta de provedores de recursos tecnológicos	5	6	8	11	1
Baixo comprometimento de parceiros na cadeia de abastecimento	3	7	6	7	5
Colaboração do departamento de recursos humanos	8	6	2	10	8
Comprometimento da gestão de topo	5	4	5	3	10
Cultura organizacional	3	2	4	6	2
Falta de conhecimento sobre os benefícios	4	3	0	6	4
Falta de maturidade/confiabilidade da tecnologia	6	2	3	4	4
Investimento em mão-de-obra qualificada	1	2	4	5	6
Investimento no desenvolvimento de competências	3	2	5	5	6

Afim de perceber o contraste entre o uso dessas novas tecnologias frente a sistemas informáticos disponíveis, foi questionado aos colaboradores para indicarem os tipos de sistemas usados nas empresas. De acordo com as respostas obtidas e que podem ser visualizadas na tabela 14, confirma-se que tais sistemas são amplamente usados, isto é, são recursos conhecidos e aplicados pelas empresas; mas, sendo ainda, os de tecnologia I4.0 de uso pouco corrente.

Tabela 12 – Recursos de TI implementados sob a ótica I4.0

\$RecursosI4.0 Frequências		Respostas		Porcentagem de casos
		Nº	Porcentagem	
\$RecursosI4.0 <sup>a</sup>	ERP Enterprise Resources Planning (SAP, Oracle, Dynamics, etc.)	37	18,4%	34,3%
	CRM Customer Relationship Management (SalesForce, Monday, Pipedrive, Dubsado, etc.)	43	21,4%	39,8%
	MES Manufacturing Execution System (Arentia, Plex, ShopFloor, Critical, Oracle, SAP, etc.)	27	13,4%	25,0%
	APS Advanced Production Scheduling (Chronos, Dime, Frepple, Opstech, MYOB, Mapex etc.)	18	9,0%	16,7%
	PLM Product Lifecycle Management	16	8,0%	14,8%
	WMS Warehouse Management System	11	5,5%	10,2%
	BI Business Intelligence (SAP BW/BI, Tableau, MS Power BI, Oracle BI, IBM Cognos, etc.)	27	13,4%	25,0%

CAD/CAM – Computer Aided Design / Manufacturing (AutoCAD, Solidworks, DraftSight, SketchUp, Onshape, etc.)	22	10,9%	20,4%
<b>Total</b>	<b>201</b>	<b>100,0%</b>	<b>186,1%</b>

a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.

A tabela 12 trata das respostas sobre quais recursos de TI estão implementados nas empresas dos inquiridos, havendo a possibilidade de indicar mais de um sistema por participante e justificando assim o total de respostas ser superior à quantidade de respondentes. Ao analisar os dados acima, observa-se que a Região Norte e Lisboa aparecem como as que mais utilizam os recursos, em linha com a maior representatividade de empresas dessas regiões. No entanto, apesar de boa parte das sedes estarem localizadas na capital, o maior recurso ao BI, de onde empresas retiram seus insights com foco em ações concretas, ocorre na região Norte podendo, em parte, ser explicada pela predominância de empresas automobilísticas, reconhecidamente mais inovadoras e em busca de excelência.

Tabela 13 – Relação entre uso de recursos I4.0 e região do país

Tabulação cruzada – Recursos I4.0 * Em que região se localiza a sede/escritório principal da sua empresa em Portugal?										
		Em que região se localiza a sede/escritório principal da sua empresa em Portugal?								
Contagem		Alentejo	Algarve	Área Metropolitana de Lisboa	Centro	Norte	Região Autónoma da Madeira	Região Autónoma dos Açores	Total	
Recursos I4.0	ERP	1	0	12	6	16	2	0	37	
	CRM	0	2	12	9	18	2	0	43	
	MÊS	0	0	9	6	12	0	0	27	
	APS	0	1	2	5	9	1	0	18	
	PLM	0	0	4	4	8	0	0	16	
	WMS	0	0	2	4	5	0	0	11	
	BI	0	1	7	5	13	0	1	27	
	CAD/CAM	0	0	5	6	11	0	0	22	
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>43</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>108</b>	

Porcentagens e totais têm respondentes como base.

a. Grupo de dicotomia tabulado no valor 1.

#### 4.2.2.2. Implementação Lean 4.0

A primeira questão acerca do tema *Lean 4.0* pedia que os colaboradores da pesquisa avaliassem o impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia *Lean*. No caso de a empresa onde trabalham não aplicar tal recurso e/ou serem desconhecidos os impactos, o respondente podia selecionar N/A no recurso em questão.

Os impactos estavam apresentados com recurso a escala *Likert-5*, sendo “muito negativo”, “negativo”, “sem impacto”, “positivo” e “muito positivo”. A questão não implicava resposta obrigatória em todas as linhas pelo que havia a possibilidade de o total de respondentes em cada recurso tecnológico ser inferior à quantidade total de respondentes da pesquisa. De forma a calcular a perceção geral sobre o assunto supracitado, pontos foram atribuídos a cada item da escala, sendo de -2 impacto muito negativo a 2 impacto muito positivo. Tais indicadores foram multiplicados pelo número de respostas de cada item da escala em cada linha/recurso. A seguir, foram somadas as pontuações obtidas e os recursos foram ordenados decrescentemente em função do saldo total final obtido. As respostas ao item “não se aplica/desconheço” foram desconsideradas desse cálculo.

Concluiu-se com a análise que CS, BDA e CC, representam as três tecnologias percebidas como tendo o maior impacto sobre a metodologia *lean* aplicada e implementada com recursos da quarta revolução industrial. Tais dados podem ser verificados na tabela 16.

Tabela 14 – Perceção de impacto dos recursos 4.0 sobre Lean 4.0

Recursos tecnológicos x Perceção de Impacto	Respostas dos inquiridos						Pontuação calculada					Saldo final
	Não se aplica/ Desconheço	Impacto muito negativo	Impacto negativo	Sem impacto	Impacto positivo	Impacto muito positivo	Impacto muito negativo	Impacto negativo	Sem impacto	Impacto positivo	Impacto muito positivo	
	N/A	-2	-1	0	1	2						
Cybersecurity	4	1	4	7	8	15	-2	-4	0	8	30	32
Big Data e Analytics	8	2	4	11	16	6	-4	-4	0	16	12	20
Cloud Computing	5	3	2	6	12	7	-6	-2	0	12	14	18
Robôs Colaborativos	7	3	2	4	7	6	-6	-2	0	7	12	11
Internet of Things	5	4	7	11	11	6	-8	-7	0	11	12	8
Manufatura Aditiva	5	5	4	7	3	8	-10	-4	0	3	16	5
Realidade aumentada /virtual	3	2	7	9	7	4	-4	-7	0	7	8	4
Veículos Autónomos	17	7	4	5	4	5	-14	-4	0	4	10	-4
Machine Learning	5	8	6	6	8	4	-16	-6	0	8	8	-6

Com relação em que medida o sucesso dos recursos I4.0 são (ou foram) suportados por implementação prévia do pensamento *Lean* (isto é, *Lean* como facilitador da digitalização), 75% dos inquiridos percebem como positivo que empresas tenham estabelecida a cultura *lean* na empresa para uma boa utilização das novas tecnologias (figura 25).

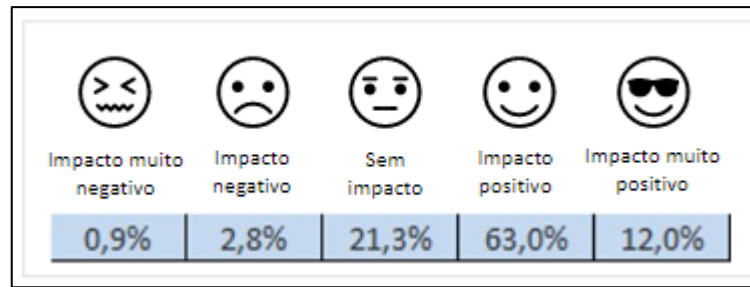


Figura 26 – Percepção grau de suporte Lean sobre implementação posterior de I4.0

### 4.2.3. Análise fatorial

A Análise Fatorial é uma técnica estatística multivariada aplicada a um conjunto de variáveis, quando o investigador está interessado em determinar quais variáveis, na forma de subconjuntos lógicos, são relativamente independentes entre si. (Tabachnick & Fidell, 2013). Ou seja, a análise fatorial é particularmente útil para identificar os fatores subjacentes às variáveis por meio do agrupamento dessas variáveis relacionadas no mesmo fator (Ho, 2006). A análise fatorial será tão mais adequada quanto mais elevado for o valor de KMO, considerando-se esta inaceitável para valores deste teste inferiores a 0,5 (Pestana & Gageiro, 2014).

Para as respostas obtidas a esta questão, analisou-se a sua consistência através do teste Alpha de Cronbach cujos valores oscilam entre 0 e 1, considerando-se uma fiabilidade aceitável para  $\alpha > 0,7$  e boa quando  $\alpha > 0,8$ . Este teste permite determinar o limite inferior da consistência interna de um grupo de variáveis ou itens. Este limite corresponderá à correlação que se espera obter entre a escala usada e outras escalas hipotéticas, do mesmo universo e com igual número de itens utilizados para medir a mesma característica (Pestana & Gageiro, 2014). O teste de consistência interna aplicado aos resultados obtidos na implementação de ferramentas Lean atingiu o valor mínimo de 0,6 pelo que a consistência interna é considerada adequada.

- *Lean e I4.0*

Dos participantes, 65.7% possui experiência laboral anterior em ferramentas *Lean* (**Error! Reference source not found.**) enquanto 62% possui experiência laboral anterior à atual com uso e/ou implementação de tecnologias de I4.0 (**Error! Reference source not found.**). Ao realizar a

análise cruzada dessas duas perguntas, percebe-se que há associação entre uso anterior de recursos *Lean* e contacto de tecnologias I4.0 (tabela 15).

Tabela 15 – Tabulação cruzada: experiência anterior *Lean* vs I4.0

Tabulação cruzada: Possui experiência laboral anterior à atual com recursos e/ou ferramentas <i>Lean</i> ? * Possui experiência laboral anterior à atual com uso e/ou implementação de tecnologias de Indústria 4.0?					
Contagem		Possui experiência laboral anterior à atual com uso e/ou implementação de tecnologias de Indústria 4.0?			Total
		Não	Sim		
Possui experiência laboral anterior à atual com recursos e/ou ferramentas <i>Lean</i> ?	Não	29	8	37	
	Sim	12	59	71	
Total		41	67	108	

Dessa forma, ao recorrer a testes qui-quadrado e teste exato de Fisher (tabela 16), dois dos recursos de validação de ajustamento das variáveis, é possível perceber se o ajuste é aceitável a considerar um grau de liberdade. Em termos gerais, o teste qui-quadrado busca perceber o peso da dispersão entre as variáveis (nominais e independentes) verificadas e o teste exato de Fisher analisa em tabelas de contingência 2x2, com dois grupos de duas amostras independentes, o quão significativo desviam da hipótese nula (*p-value*), testando a associação entre os critérios em que os pressupostos do teste possam ser verificados (Ramos, 2019).

Pela tabela 18,  $\chi^2 = 39.035, p - value < 0.001$  verificando-se que, com 5% de significância, a experiência laboral anterior com ferramentas *Lean* e uso de tecnologias I4.0 estão associadas, ou seja, pode estar implícito que na função exercida atualmente pelo participante no inquérito, haja influência da experiência anterior.

Tabela 16 – Associação entre experiência ferramentas *Lean* vs tecnologias I4.0

	Testes qui-quadrado					
	Valor	df	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	39,035 <sup>a</sup>	1	<,001	<,001	<,001	
Correção de continuidade <sup>b</sup>	36,468	1	<,001			
Razão de verossimilhança	40,252	1	<,001	<,001	<,001	
Teste Exato de Fisher				<,001	<,001	
Associação Linear por Linear	38,673 <sup>c</sup>	1	<,001	<,001	<,001	,000
N de Casos Válidos	108					

- a. 0 células (,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 14,05.
- b. Computado apenas para uma tabela 2x2
- c. A estatística padronizada é 6,219.

- **Impactos sobre o setor de atividade**

Para verificar se o setor de atividade tem efeito na utilização das ferramentas *Lean*, tal como apresentado na imagem (tabela 17), utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, que indica se há diferença entre pelo menos duas delas, utilizando para tal os valores numéricos transformados em ranks e agrupados num só conjunto de dados. A comparação dos grupos é realizada por meio da média dos ranks (rank médio). Para qualquer uma das ferramentas *Lean*, não se verifica efeito na sua utilização por setor de atividade ( $\text{Sig} \geq 0,05$ ), tal como tabela abaixo:

Tabela 17 – Verificação de efeito no uso de ferramentas *Lean* sobre o setor de atividade

Estatísticas de teste a,b			
Ferramentas Lean	H de Kruskal-Wallis	df	Significância Sig.
5S	7,570	7	372
Andon	10,882	7	144
Gemba Walk	1,833	7	968
Genchi Genbutsu	7,500	7	379
Gestão Visual	12,593	7	83
Heijunka	4,667	7	701
Hoshin Kanri Matrix / X Matrix	4,667	7	701
Jidoka	4,667	7	701
Kaizen	7,651	7	364
Kamishibal	1,125	7	993
Kanban	5,173	7	639
Milk run / Mizusumachi	0	7	1,000
Problem Solving A3	1,125	7	993
Poka Yoke	11,636	7	113
Pull Productio	2,839	7	900
SMED	2,320	7	940
Standard Wor	5,916	7	550
Total Productive Maintenance (TPM)	1,955	7	962

Value Stream Mapping	12,964 7	73
Yokoten	0 7	1,000
a. Teste Kruskal Wallis		
b. Variável de Agrupamento: Qual o setor de atividade da sua empresa?		

Quando analisados os setores de atividade e os sistemas de informação utilizados em cada um, pode-se concluir que indústrias reconhecidamente mais dinâmicas e competitivas, como a Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte, estão entre as gestões mais monitorizadas. Inclusive, seus colaboradores também estão entre os que mais possuem contacto com ambos os conceitos: I4.0 e *Lean* (tabela 18).

Tabela 18 – Setor de atividade x Sistemas TI x Conceitos I4.0 e Lean

Qual o setor de atividade da sua empresa?		ERM	CRM	MES	APS	PLM	WMS	BI	CAD / CAM	Σ	Ranking	Experiência laboral anterior c/ I4.0?		Experiência laboral anterior c/ Lean?		Validação Lean - se a empresa possui ferramentas implementadas		
		Contagem										Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	
	Indústria Aeroespacial		1							1	16º	1		1		1		1
	Indústria Alimentar / Bebidas	4	9	2	1	1		7	1	25	2º	8	7	10	5	12	3	
	Indústria Cultural e Criativa	1							1	2	13º	1	1	1	1	2		
	Indústria da Agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca			1						1	16º	1		1		1		
	Indústria da Borracha			1	1	1				3	12º	1		1		1		
	Indústria da Construção Naval	1	3	1	3		2	2		12	5º	4		4		4		
	Indústria de Energia (Eletricidade, gás e água)	2	3	1	2	1		1		10	6º	3	2	3	2	3	2	
	Indústria de Energia Renovável	1	1	1		1			1	5	9º	2		2		2		
	Indústria de Materiais de Construção	1	2	1						4	10º	1	2		3	2	1	
	Indústria de Materiais Elétricos e Eletrónicos	1	2	2			1	1	2	9	7º	3	1	1	3	4		
	Indústria de Vestuário	4	1	2	1	3	2	2	2	17	3º	3	3	4	2	4	2	
	Indústria do Aço								1	1	16º	1		1		1		
	Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte	3	4	3	1		2	1	2	16	4º	5	3	5	3	8		
	Indústria do Calçado							1	1	2	13º	1	1	1	1	1	2	
	Indústria do Couro							1		1	16º			1		1		
	Indústria do Plástico	1	1			1		1		4	10º	1		1		1		
	Indústria Química	1	1							2	13º	1	1	1	1	1	1	
	Indústria Têxtil	2	1	1				1	3	8	8º	4	1	5		4	1	
	Outras	12	9	6	8	1	2	6	5	49	1º	15	13	18	10	22	6	

Recorreu-se ainda ao teste de amostras independentes de Kruskal-Wallis (tabela 19), a fim de analisar o efeito do setor de atividade no impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia *Lean*. Concluiu-se que o impacto é igual independentemente do setor de atividade industrial da empresa, uma vez que p-value > 0,05.

Tabela 19 - Teste de Kruskal-Wallis para análise setor de atividade no impacto tecnologias sobre Lean

Estatísticas de teste <sup>a,b</sup>									
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean:Big Data & Analytics	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean:Cloud Computing	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean: Cybersecurity	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean:Internet of Things	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean:Machine Learning/Inteligência Artificial	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean: Manufatura Aditiva	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean: Realidade Aumentada/Virtual	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean:Robôs Colaborativos	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean: Veículos Autônomo
H de Kruskal-Wallis	8,750	7,643	3,849	7,820	9,892	11,450	9,455	10,423	5,572
df	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Significância Sig.	,271	,365	,797	,349	,195	,120	,222	,166	,590
a. Teste Kruskal Wallis									
b. Variável de Agrupamento: Qual o setor de atividade da sua empresa?									

De forma geral, o impacto das novas tecnologias é percebido como positivo em todos os setores. Estes refletem também que os recursos de BDA e CC são os que apresentam melhor impacto comparados aos demais (tabela 20).



Ao ser realizado teste de amostras independentes de Kruskal-Wallis ao efeito do setor industrial nos recursos de informação utilizados, apenas foi verificada diferença significativa no uso de PLM, em que a decisão apontada foi de rejeição à hipótese nula (ver tabela 21). Tal recurso de TI é usado para gestão das etapas do ciclo de vida do produto, da conceção inicial ao descarte, possibilitando o trabalho conjunto de equipas diferentes e consequentemente impulsionando o ciclo de inovação nas empresas pelo encadeamento digital dos processos envolvidos. Ainda que o PLM seja uma mais-valia às empresas, sua aplicabilidade está em desenvolvimento (SAP, n.d.).

Tabela 21 - Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisão
1	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: ERP é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,757	Reter a hipótese nula.
2	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: CRM é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,605	Reter a hipótese nula.
3	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: MES é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,673	Reter a hipótese nula.
4	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: APS é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,252	Reter a hipótese nula.
5	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: PLM é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,025	Rejeitar a hipótese nula.
6	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: WMS é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,506	Reter a hipótese nula.
7	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: BI é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,604	Reter a hipótese nula.
8	A distribuição de Recursos de sistemas de informação usados pela sua empresa: CAD/CAM é igual nas categorias de Qual o setor de atividade da sua empresa?.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,444	Reter a hipótese nula.
a. O nível de significância é ,050.				
b. A significância assintótica é exibida.				

O teste de hipóteses acima indicou que há diferença no uso do PLM versus outros recursos de TI e, a fim de perceber onde a diferença ocorre, recorreu-se a um teste de comparações múltiplas pelo método Pairwise, cujo output na tabela 22 pode-se concluir quais os setores da indústria onde a aplicação de PLM difere. Em síntese, o método permite diminuir o tempo de execução de um teste quando há diversas variáveis e ainda garantir uma cobertura relevante de testes por meio da seleção para teste dos itens de maior peso (James & et al., 2013).

Tabela 22 - Comparações por Método Pairwise de Qual o setor de atividade da sua empresa?

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.
Indústria Aeroespacial-Indústria da Borracha	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria Aeroespacial-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria Aeroespacial-Indústria do Plástico	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria do Aço-Indústria do Plástico	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte-Indústria do Plástico	-54,000	20,315	-2,658	,008
Indústria do Calçado-Indústria do Plástico	-54,000	23,604	-2,288	,022
Indústria do Couro-Indústria do Plástico	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria da Agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca-Indústria da Borracha	-54,000	27,256	-1,981 N	,048
Indústria da Agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria da Agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca-Indústria do Plástico	-54,000	27,256	-1,981	,048
Indústria da Construção Naval-Indústria da Borracha	54,000	21,548	2,506	,012
Indústria da Construção Naval-Indústria do Plástico	-54,000	21,548	-2,506	,012
Indústria de Materiais de Construção-Indústria da Borracha	54,000	22,254	2,427	,015
Indústria de Materiais Elétricos e Eletrônicos-Indústria da Borracha	54,000	21,548	2,506	,012
Indústria do Aço-Indústria da Borracha	54,000	27,256	1,981	,048
Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte-Indústria da Borracha	54,000	20,315	2,658	,008
Indústria do Calçado-Indústria da Borracha	54,000	23,604	2,288	,022
Indústria do Couro-Indústria da Borracha	54,000	27,256	1,981	,048
Indústria Química-Indústria do Plástico	54,000	23,604	2,288	,022
Indústria Química-Indústria da Borracha	54,000	23,604	2,288	,022
Indústria da Construção Naval-Indústria de Vestuário	-27,000	12,441	-2,170	,030
Indústria da Construção Naval-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	-54,000	21,548	-2,506	,012
Indústria de Materiais de Construção-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	22,254	2,427	,015
Indústria de Materiais Elétricos e Eletrônicos-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	21,548	2,506	,012
Indústria do Aço-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	27,256	1,981	,048
Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	20,315	2,658	,008
Indústria do Calçado-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	23,604	2,288	,022
Indústria do Couro-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	27,256	1,981	,048
Indústria Química-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	54,000	23,604	2,288	,022
Indústria de Materiais de Construção-Indústria de Vestuário	-27,000	13,628	-1,981	,048
Indústria de Materiais de Construção-Indústria do Plástico	-54,000	22,254	-2,427	,015
Indústria de Materiais Elétricos e Eletrônicos-Indústria de Vestuário	-27,000	12,441	-2,170	,030
Indústria de Materiais Elétricos e Eletrônicos-Indústria do Plástico	-54,000	21,548	-2,506	,012
Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte-Indústria de Vestuário	27,000	10,158	2,658	,008

Outras-Indústria de Vestuário	22,500	8,498	2,648	,008
Outras-Indústria da Borracha	49,500	19,539	2,533	,011
Outras-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	49,500	19,539	2,533	,011
Outras-Indústria do Plástico	49,500	19,539	2,533	,011
Indústria Alimentar / Bebidas-Indústria de Vestuário	-20,250	9,226	-2,195	,028
Indústria Alimentar / Bebidas-Indústria da Borracha	-47,250	19,866	-2,378	,017
Indústria Alimentar / Bebidas-Indústria do Plástico	-47,250	19,866	-2,378	,017
Indústria Alimentar / Bebidas-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	-47,250	19,866	-2,378	,017
Indústria Têxtil-Indústria da Borracha	46,286	20,603	2,247	,025
Indústria Têxtil-Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)	46,286	20,603	2,247	,025
Indústria Têxtil-Indústria do Plástico	46,286	20,603	2,247	,025

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições "Amostra 1" e "Amostra 2" são iguais. As significâncias assintóticas (teste de dois lados) são exibidas. O nível de significância é ,050.

Ainda pelo método Pairwise, na figura 27, verifica-se que as indústrias do plástico, da borracha e de base florestal são as que mais recorrem a esse recurso PLM, seguidas pela indústria do vestuário e indústria de energias renováveis.

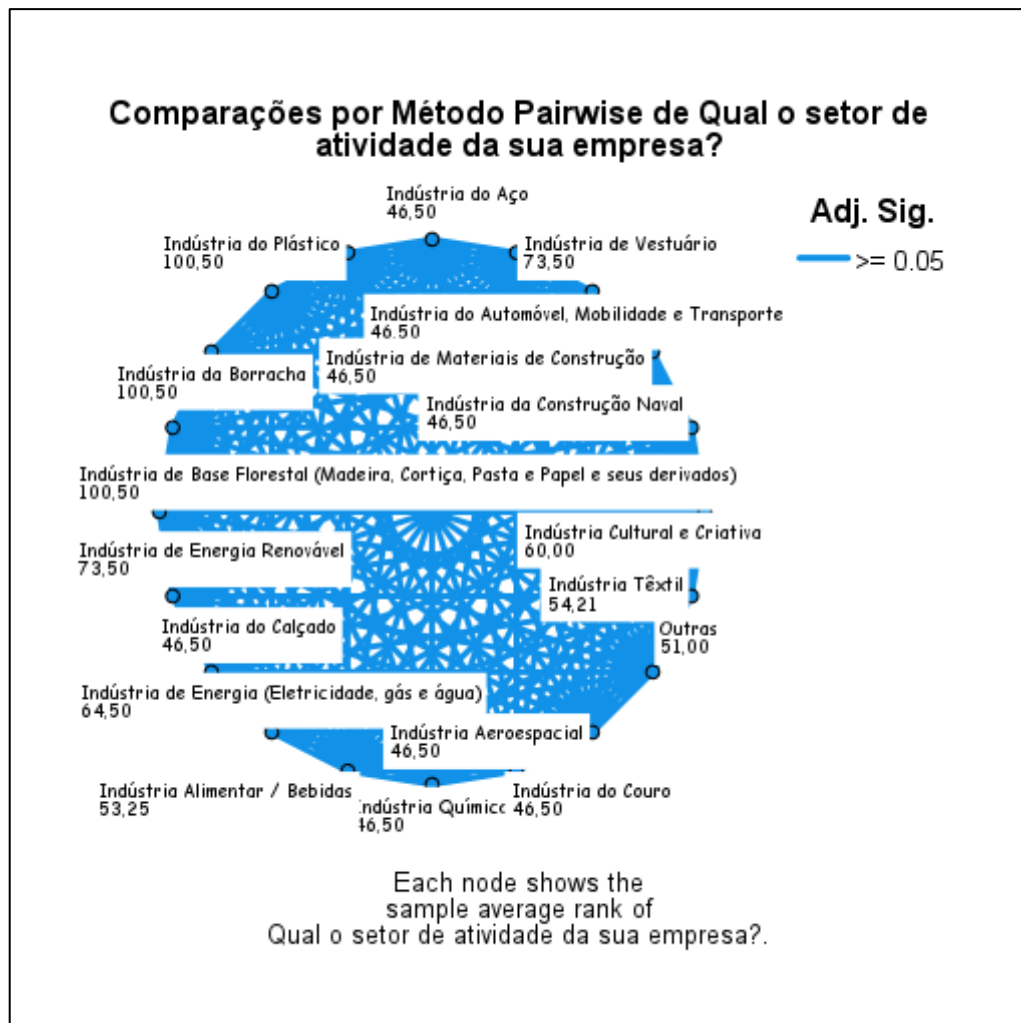


Figura 27 - Comparações por método Pairwise de "Qual o setor de atividade da sua empresa?"

- **Impactos dos novos recursos I4.0 sobre as ferramentas Lean**

O Alpha de Cronbach foi utilizado para verificação da consistência interna das variáveis associadas ao impacto dos novos recursos sobre as ferramentas Lean.

Para o conjunto das 9 variáveis descritas, o valor de alfa de Cronbach obtido indica que a fiabilidade/consistência interna dos resultados é muito boa (tabela 23) pelo que se pode partir para a análise de fatores, tentando - desta forma - reduzir as 9 variáveis a fatores explicativos através de uma análise multivariada extraíndo aquelas que são mais importantes para esse fim.

Tabela 23 - Alpha de Cronbach para os impactos de I4.0 sobre ferramentas Lean

<b>Estatísticas de confiabilidade</b>	
Alfa de Cronbach	N de itens
,881	9

A fim de garantir que a análise fatorial é a técnica adequada aos dados, recorreu-se a dois testes estatísticos: primeiramente, o teste KMO indica a proporção de variância contida nos dados analisados, indicando se essa pode ser confirmada como comum a todos os fatores. Quanto mais próximo a 1 o resultado do teste, maior é a adequação de aplicar a técnica ao conjunto analisado (Viana, n.d.). Nos dados do presente estudo, o valor obtido foi de 0,841, o que classifica a AFE como boa.

Além do teste acima, foi realizado o teste de esfericidade de Bartlett, usado para examinar uma eventual ausência de correlação na população, isto é, verifica a possibilidade de a matriz de correlação populacional ser igual à matriz identidade (Pestana & Gageiro, 2014). Por meio deste, a aplicabilidade da técnica de Análise Fatorial Exploratória (AFE) também foi confirmada, uma vez que se permite rejeitar a hipótese de identidade da matriz de correlações ( $\text{sig}=0,000$ ).

Tabela 24 - Teste de KMO e Bartlett

<b>Teste de KMO e Bartlett</b>		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		,841
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	444,094
	gl	36
	Sig.	<,001

A análise fatorial exploratória utilizada conjuntamente ao método das componentes principais para extração dos fatores permitiu que as 9 variáveis que avaliam o impacto fossem reduzidas a 2 fatores/grupos (figura 28) que explicam 70% da variância presente nas variáveis originais (tabela 26).

Tabela 25 - Matriz de componente rotativa

	Componente	
	1	2
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Big Data & Analytics	,168	,807
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Cloud Computing	,089	,869
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Cybersecurity	,135	,849
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Internet of Things	,455	,644
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Machine Learning / Inteligência Artificial	,666	,484
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Manufatura Aditiva	,775	,333
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Realidade Aumentada/Virtual	,867	,174
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Robôs Colaborativos	,841	,108
Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Veículos Autônomos	,788	,046
Método de Extração: análise de Componente Principal.		
Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.		
a. Rotação convergida em 3 iterações.		

Tabela 26 - Variância total explicada (Impacto tecnologias sobre Lean)

Componente	Variância total explicada								
	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,654	51,710	51,710	4,654	51,710	51,710	3,386	37,622	37,622
2	1,663	18,483	70,193	1,663	18,483	70,193	2,931	32,570	70,193
3	,712	7,909	78,101						
4	,485	5,385	83,486						
5	,365	4,059	87,545						
6	,354	3,937	91,482						
7	,321	3,565	95,047						
8	,248	2,759	97,806						
9	,197	2,194	100,000						
Método de Extração: análise de Componente Principal.									

A tabela acima (tabela 26) mostra a percentagem total de variância de cada componente e indica o percentual acumulado ordenado da componente de maior para menor peso. A aplicação da ACP

permite identificar duas componentes/fatores principais que explicam 70,193% da variabilidade presente em todos os itens, sendo elas: CC e AR.

Primeiro fator	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Machine Learning / Inteligência Artificial
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Manufatura Aditiva
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Realidade Aumentada/Virtual
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Robôs Colaborativos
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Veículos Autônomo
Segundo fator	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Big Data & Analytics
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Cloud Computing
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Cybersecurity
	Impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean - Internet of Things

Figura 286 - Lista de variáveis por fator (AFE)

Existem alguns métodos para essa determinação, tendo sido recorrido ao método Varimax, que busca maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal, sendo maior a associação entre eles (uma componente principal x variável), quanto mais próximo de 1 for o resultado. O oposto, isto é, valores próximos a zero, indica que o componente pouco contribui para a formação do fator (Carvalho, 2013; Pestana & Gageiro, 2014).

Pela tabela a seguir, foi possível identificar que a premissa de análise acima descrita se confirma. Mais detalhadamente, foi possível depreender que CC, CS e BDA, nessa ordem, contribuem fortemente para a formação do segundo (grupo de) fator composto por essas três tecnologias e também pela IoT, que possui baixo peso. Já no primeiro (grupo de) fator, a componente 1 tem como tecnologias importantes para sua composição Realidade Aumentada/Virtual e robôs colaborativos em ordem de importância; e com menor peso, VA, MA e ML/IA.

O gráfico abaixo (figura 28) retorna os dados contidos na matriz de componente rotativa para melhor visualização dos resultados obtidos na análise:

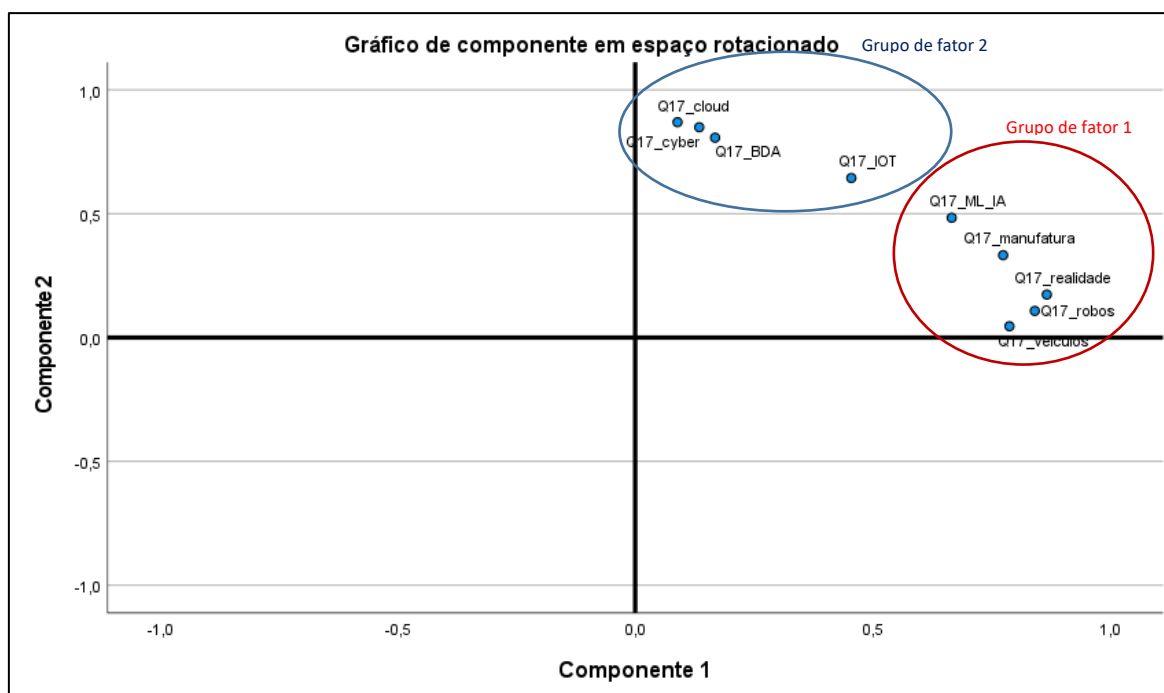


Figura 29 - Gráfico de componente em espaço rotacionado

A fim de analisar relações entre mais de duas variáveis, recorreu-se ao gráfico *Heatmap*, um recurso de visualização de dados que mostra como as variáveis se relacionam em função da intensidade/magnitude de uma delas (Pestana & Gageiro, 2014). Primeiramente, foi analisada a utilização dos princípios Lean por dimensão da empresa e por setor de atividade que fornece 7 grupos. O aumento da intensidade da cor revela uma maior probabilidade de aplicabilidade de um determinado princípio Lean. Assim, verifica-se que é nas médias e grandes empresas da indústria automóvel, mobilidade e transporte que estes princípios são mais aplicados. Além disso, aplicados ainda nas médias empresas do setor do aço, do vestuário, da mobilidade elétrica, da energia renovável, de material elétrico/eletrónicos e aeroespacial. Nas pequenas empresas, há menor emprego de tal metodologia. Dentre as maiores, as que mais utilizam são as indústrias do plástico, de materiais de construção e alimentar/bebidas.



Figura 30 - Heatmap Setor x Dimensão Empresa x Lean

Com relação ao impacto das novas tecnologias de I4.0, pode-se perceber também com o uso do Heatmap, que tais recursos são percebidos de forma geral dentro os setores como relevantes. O maior peso pode ser identificado na indústria têxtil de grande porte; nas de vestuário e de energias, dentre as de médio tamanho; nas pequenas de material de construção e de agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca e alimentar bebidas; e, por fim, pela têxtil dentre as microempresas.

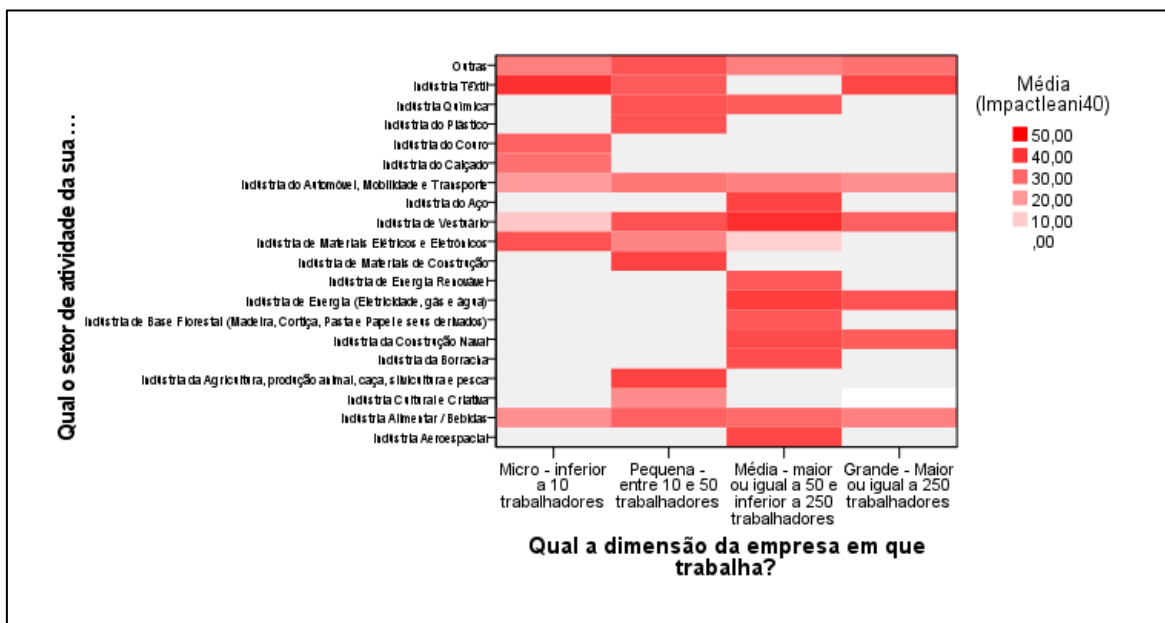


Figura 31 - Heatmap Setor x Dimensão da empresa x Impacto I4.0

Ao analisar o uso das ferramentas *Lean* por departamento dos inquiridos, foi possível identificar que o setor de logística nas pequenas empresas é destacadamente o que mais as utiliza; e em menor grau, pelos departamentos de RH nas pequenas e grandes, e o de Qualidade nas grandes empresas. Nas demais empresas x tamanhos, há menores graus de recorrência.

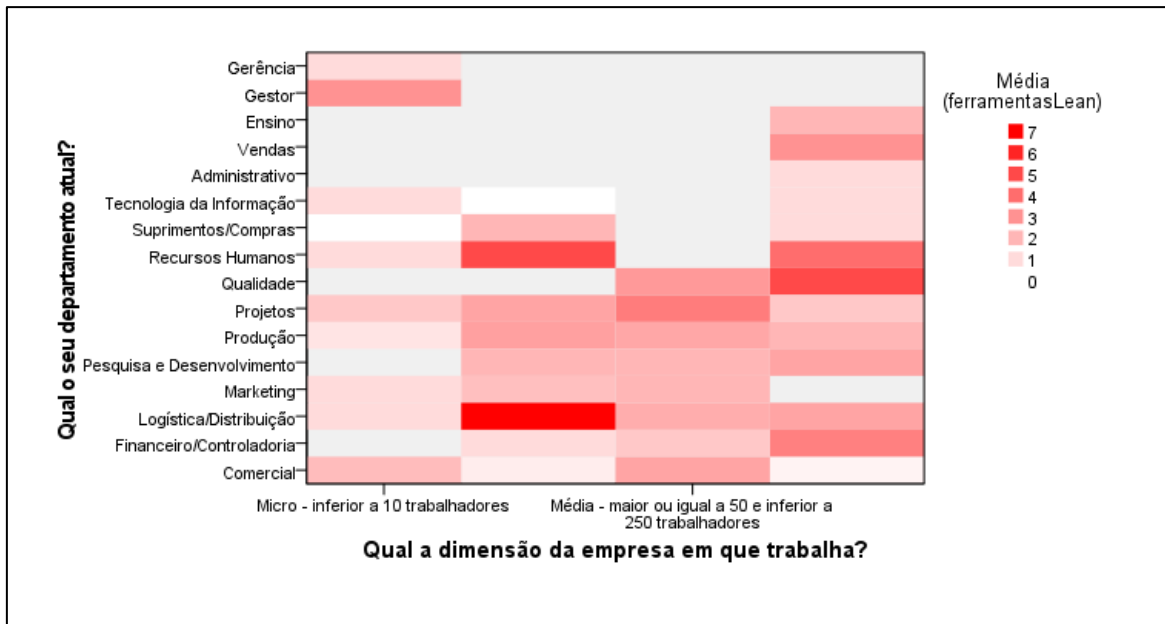


Figura 32 - Heatmap Departamento x Dimensão da empresa x Lean

Por fim, foram combinadas as variáveis de forma a perceber como a experiência laboral anterior com *Lean* interage com a dimensão da empresa na qual o colaborador trabalha. O resultado retornou que muitas dos inquiridos que possuíam experiência laboral anterior à atual com ferramentas *Lean* trabalham atualmente em empresas de média dimensão, seguidos dos que trabalham em pequenas empresas, entre 10 e 50 trabalhadores. A maior parte dos respondentes

que não trabalharam anteriormente com *Lean*, mas o fazem na empresa atual, estão empregados em grandes empresas, aquelas com número igual ao superior a 250 trabalhadores.

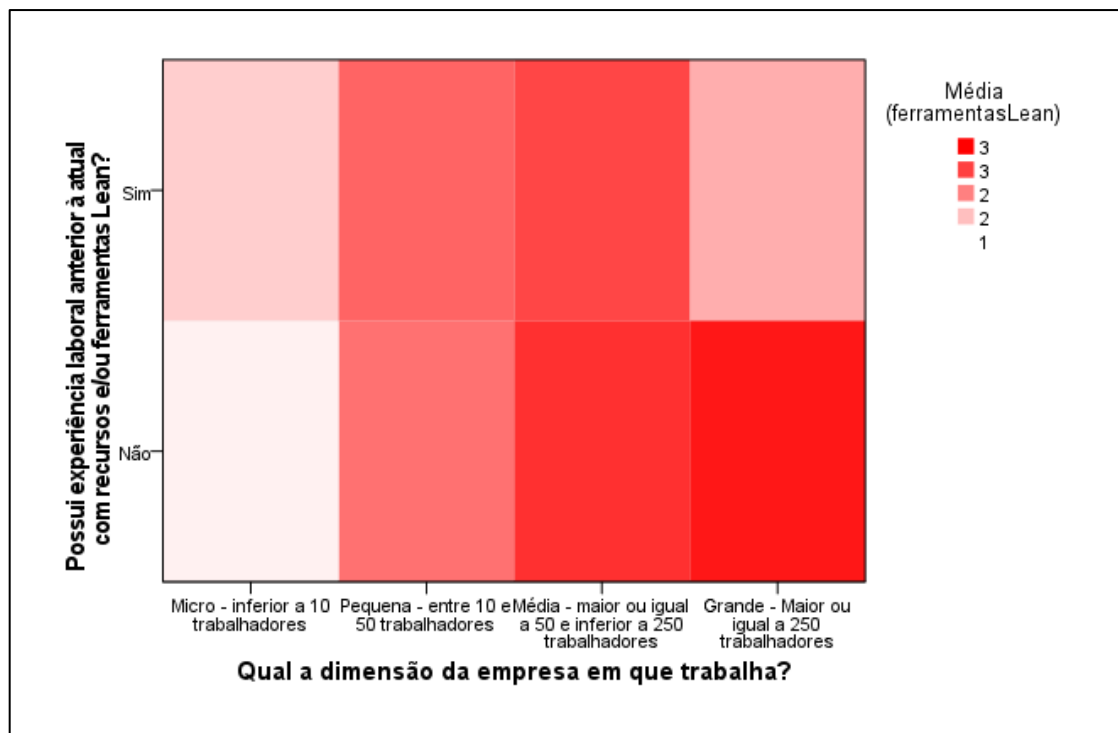


Figura 33 - Heatmap experiência laboral anterior x Dimensão da empresa x Lean

### 4.3. Análise de resultados

Assim como na revisão de literatura, o resultado do inquérito confirma que a relação Lean 4.0 ainda é recente, assim como a implementação dos recursos de tecnologias de indústria 4.0, isto é, a realidade portuguesa está em linha com a perceção geral da academia quanto ao assunto em questão. Estando as inovações tecnológicas ainda restritas a algumas indústrias que já são historicamente reconhecidas pela cultura de inovação, como as automobilísticas.

A perceção do tecido industrial português é que o Lean 4.0 é trabalhoso de implementar e requer um grande esforço financeiro e estratégico da empresa a longo prazo para viabilizar o emprego de tais recursos e ferramentas, sua manutenção e então obtenção de resultados. É necessário um trabalho contínuo e incremental, sempre a revisar dados e resultados, ajustar os planos e

implementar as mudanças com objetivo de melhoria dos resultados da empresa. Em outras palavras, os resultados da integração *Lean 4.0* não são imediatos.

De acordo com o diretor da *Bosch Industry Consulting* para Portugal e Espanha, Tiago Sacchetti, a dimensão das empresas portuguesas é desproporcionada se comparada à média europeia, o que dificulta a implementação da I4.0 e sua medição de resultados, além disso há uma dificuldade na determinação do objetivo de realizar as inovações inerentes ao *Lean 4.0* (Ferreira, 2022). Isso pode ser comprovado na percepção dos respondentes ao apontar que alguns recursos de I4.0 foram implementados e abandonados ou estão ainda em fase de implementação, e que os desafios advêm – dentre outros - de alto investimento e necessidade de comprometimento da gestão de topo.

As tecnologias mais utilizadas e percebidas como as que agregam mais à realidade das empresas, nomeadamente CC e BDA, também estão dentre as mais citadas na literatura. Já entre os recursos de ferramentas *Lean*, 5S, Kaizen, Gestão Visual aparecem entre os mais usados. Em ambos os casos, recursos I4.0 e *lean*, o uso ainda está mais restrito a funções mais estratégicas/de gestão e a departamentos mais relacionados à gestão de suprimentos, como: produção, logística/distribuição, projetos e comercial.

Ainda que haja uma ordem intrínseca pela cronologia de desenvolvimento dos dois conceitos, em que *Lean* vem primeiro e I4.0 a seguir, a integração de ambos os conceitos independentemente da sua ordem é percebido de forma geral como potenciadora dos resultados das empresas, em que tais conceitos funcionam como complementares ao dotar as empresas dos recursos necessários para a melhoria de performance.

---

## 5. CONCLUSÃO

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões finais (subcapítulo 5.1) e as limitações e demandas para investigação futura (subcapítulo 5.2).

### 5.1. Conclusões finais

Este trabalho contribui à pesquisa do relacionamento entre I4.0 e *Lean* do ponto de vista das organizações. Dessa forma, busca fornecer melhor entendimento sobre a interação entre os dois conceitos e suas implicações. A cada dia mais estudos estão a ser publicados com evidência empírica, mas a quantidade ainda é escassa face à quantidade de publicações de conteúdo conceitual.

A análise bibliométrica confirmou a ligação entre LM e I4.0, onde estão os esforços mais acentuados e quem está a tratar dessa relação dos conceitos. Nos últimos anos, os estudos têm-se multiplicado, o que evidencia o crescente interesse sobre este tema e também as dúvidas que suscita na comunidade, mais especificamente quanto a como a I4.0 interage com as práticas e meios já existentes nas empresas.

Curiosamente, ainda que o termo I4.0 tenha sido cunhado na Alemanha, muitos papéis mais recentes são de Itália (do Politécnico de Milão, especificamente) e, em menor grau, de diversos outros países e instituições, o que confirma a grande expectativa da temática e o interesse que suscita sobre o meio académico e empresarial.

A Quarta Revolução Industrial como tem sido introduzida não visa novas descobertas científicas, mas propõe um uso diferenciado e mais dinâmico das tecnologias existentes. Além de ser referenciada pelos governos e instituições no momento presente e a considerar os acontecimentos recentes no âmbito geopolítico internacional, tais recursos tecnológicos são percebidos e entendidos em relação a um momento histórico passado, isto é, ao buscar reinterpretar questões industriais com os dados recolhidos e analisados com o uso dessas tecnologias.

Nesse sentido, para profissionais de *Lean*, a quarta revolução industrial ainda que inovadora não seria uma revolução em si, mas uma evolução das técnicas já existentes, por meio de um uso mais avançado, especializado, desenvolvido. Afinal, a integração LM e I4.0 busca melhorar a competitividade das empresas, que adotam diferentes ferramentas e tecnologias de acordo com a sua própria realidade.

Muitas ferramentas de I4.0 foram mencionadas na literatura, como sensores, *cloud*, BDA, simulação, AR, 3DP, etc., cuja característica-macro se assenta sobre o CPS e IoT, isto é, suportam a coleta e transmissão de dados. Ainda, as tecnologias mais citadas foram CC, BDA e CS. As I4.0T

colaboram para o emprego e difusão de práticas *lean*, como *kaizen*, JIT, SMED, VSM, 5S, etc., ao digitalizar tais ferramentas e coletar e fornecer dados em tempo real para a tomada de decisão atempada.

A nível nacional, o panorama obtido dos dados recolhidos pelo questionário realizado reafirma a percepção das referências analisadas. Em outras palavras, nem todas as empresas possuem *Lean* implementado e as I4.0T são ainda muito recentes e pouco exploradas pelas empresas, que veem como cruciais à difusão questões financeiras de implementação (alto investimento inicial), necessidade de sério compromisso da gestão de topo, alinhamento da cultura organizacional a essas novas demandas (interferência do departamento de RH nessa estruturação) e falta de habilidades especializadas (da gerência e quanto à necessidade de formação contínua dos colaboradores). Ainda assim, a força de trabalho vê de forma positiva ou muito positiva a implementação de tais tecnologias e o emprego de ferramentas que propiciam a melhoria contínua nas organizações.

Nesse sentido, o papel dos governos e suas iniciativas de difusão das novas tecnologias com financiamento e suporte para a implementação de ferramentas mais estruturadas é crucial para que a indústria de seus países se mantenha competitiva e seja capaz de inovar. Entretanto, devido a todo o investimento e esforço necessário requerido para a implementação do *Lean 4.0*, os incentivos podem ser um grande risco à sobrevivência das empresas que os requeiram sem um guião muito bem estruturado e uma orientação especializada.

Nesta era digital em que *Lean* e I4.0T se integram, o papel das pessoas se torna mais estratégico. A interação homem-máquina ganha um novo escopo por requerer dos colaboradores a execução de atividades cada vez mais complexas e especializadas, ao mesmo tempo em que sejam capazes de analisar os dados recebidos de diferentes fontes de informação e tomar decisões num espaço de tempo cada vez mais curto. Assim, o cenário, que antes havia sido percebido como substituição da força de trabalho pela utilização de máquinas mais complexas, vem mudando gradativamente devido às empresas já perceberem que essa integração de conceitos exige um novo conjunto de habilidades e que com ela traz uma enorme demanda por mão-de-obra qualificada.

As duas abordagens, a da melhoria contínua e a da tecnologia avançada, coexistem e impulsionam a performance das empresas. Após a revisão dos processos com a metodologia *Lean*, a implementação da I4.0 é integrada como uma aliada que potencia as vantagens competitivas, isto é, a *Lean* possibilita que as empresas maximizem os benefícios da implementação das tecnologias avançadas. A *Lean* não perde relevância com a ascensão da I4.0, mas funciona como uma importante base para a implementação da segunda. Nesse sentido, o termo *Lean 4.0* enuncia bem como o pensamento *Lean* é aplicado neste novo contexto global.

## **5.2. Limitações e investigação futura**

Os objetivos deste estudo foram alcançados em grande parte, mas algumas limitações estão presentes e devem ser consideradas em novas investigações.

Primeiramente, a considerar o objetivo de mapear o cenário nacional acerca do tema abordado, não foi dado foco a um setor industrial específico carecendo assim de dados mais detalhados para alguns ramos de atividade na amostra obtida. Por isso, investigações futuras podem focar-se em área industrial específica ou restringir os setores de interesse.

Em segundo lugar, é de grande importância que seja realizado um mapeamento de business cases em âmbito nacional e compilados para que estejam disponíveis como benchmarking e/ou um guião às empresas. Há estudos publicados, mas a informação está dispersa, o que ajuda a manter a perceção das empresas de que a temática ainda está mais no plano teórico do que prático.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abideen, A. Z., Sundram, V. P. K., Pyeman, J., Othman, A. K., & Sorooshian, S. (2021). Digital Twin Integrated Reinforced Learning in Supply Chain and Logistics. *LOGISTICS-BASEL*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/logistics5040084>
- Adrita, M. M., Brem, A., O'Sullivan Dominic and Allen, E., & Bruton, K. (2021). Methodology for Data-Informed Process Improvement to Enable Automated Manufacturing in Current Manual Processes. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/app11093889>
- Agostini, L., & Filippini, R. (2019). Organizational and managerial challenges in the path toward Industry 4.0. *EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION MANAGEMENT*, 22(3), 406–421. <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2018-0030>
- Ahlstrom, P., Danese, P., Hines, P., Netland, T. H., Powell, D., Shah, R., Thurer, M., & van Dun, D. H. (2021). Is lean a theory? Viewpoints and outlook. *INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT*, 41(12), 1852–1878. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2021-0408>
- Al Balkhy, W., Sweis, R., & Lafhaj, Z. (2021). Barriers to Adopting Lean Construction in the Construction Industry-The Case of Jordan. *BUILDINGS*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/buildings11060222>
- Alieva, J., & von Haartman, R. (2020). Digital Muda - The New Form of Waste by Industry 4.0. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT-AN INTERNATIONAL JOURNAL*, 13(3), 269–278. <https://doi.org/10.31387/oscm0420268>
- Aljinovic, A., Gjeldum, N., Bilic, B., & Mladineo, M. (2022). Optimization of Industry 4.0 Implementation Selection Process towards Enhancement of a Manual Assembly Line. *ENERGIES*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/en15010030>
- Almoslehy, S. A. M., & Alkahtani, M. S. (2021). Key Approaches, Risks, and Product Performance in Managing the Development Process of Complex Products Sustainably. *SUSTAINABILITY*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/su13094727>
- Amjad, M. S., Rafique, M. Z., & Hussain Shafqat and Khan, M. A. (2020). A new vision of LARG Manufacturing - A trail towards Industry 4.0. *CIRP JOURNAL OF MANUFACTURING SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 31, 377–393. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.06.012>
- Amjad, M. S., Rafique, M. Z., & Khan, M. A. (2021). Leveraging Optimized and Cleaner Production through Industry 4.0. *SUSTAINABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION*, 26, 859–871. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.001>
- Amrani, A. Z., & Vallespir, B. (2021). Lean Production and Industry 4.0 Technologies: Link and Interactions. In A. Dolgui, A. Bernard, D. Lemoine, G. VonCieminski, & D. Romero (Eds.), *ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SUSTAINABLE AND RESILIENT PRODUCTION SYSTEMS, APMS 2021, PT I* (Vol. 630, pp. 697–

- 703). SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING AG. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85874-2_76)
- Anosike, A., Alafropatis, K., Garza-Reyes, J. A., Kumar, A., Luthra, S., & Rocha-Lona, L. (2021). Lean manufacturing and internet of things-A synergetic or antagonist relationship? *COMPUTERS IN INDUSTRY*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103464>
- Azevedo, S. G., Pimentel, C. M. O., & Alves Anabela C. and Matias, J. C. O. (2021). Support of Advanced Technologies in Supply Chain Processes and Sustainability Impact. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/app11073026>
- Beliatis, M. J., Jensen, K., Ellegaard, L., Aagaard, A., & Presser, M. (2021). Next Generation Industrial IoT Digitalization for Traceability in Metal Manufacturing Industry: A Case Study of Industry 4.0. *ELECTRONICS*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/electronics10050628>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Antomarioni, S. (2019). Lean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: an association rule mining based approach. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 10(1), 29–36. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.128241>
- Bhat, V. S., Bhat, S., & Gijo, E. V. (2021). Simulation-based lean six sigma for Industry 4.0: an action research in the process industry. *INTERNATIONAL JOURNAL OF QUALITY & RELIABILITY MANAGEMENT*, 38(5), 1215–1245. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2020-0167>
- Bin Abd Rahman, M. S., Mohamad, E., & Rahman, A. A. B. A. (2021). Development of IoT-enabled data analytics enhance decision support system for lean manufacturing process improvement. *CONCURRENT ENGINEERING-RESEARCH AND APPLICATIONS*, 29(3), 208–220. <https://doi.org/10.1177/1063293X20987911>
- Braglia, M., Marrazzini, L., Padellini, L., & Rinaldi, R. (2021). Managerial and Industry 4.0 solutions for fashion supply chains. *JOURNAL OF FASHION MARKETING AND MANAGEMENT*, 25(1), 184–201. <https://doi.org/10.1108/JFMM-12-2019-0285>
- Bucevska, V. (2007). *Designing a web versus a paper questionnaire-some general and special issues*. [https://www.researchgate.net/publication/228960637\\_Designing\\_a\\_web\\_versus\\_a\\_paper\\_questionnaire-some\\_general\\_and\\_special\\_issues](https://www.researchgate.net/publication/228960637_Designing_a_web_versus_a_paper_questionnaire-some_general_and_special_issues)
- Buer, S.-V., Semini, M., Strandhagen, J. O., & Sgarbossa, F. (2021). The complementary effect of lean manufacturing and digitalisation on operational performance. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 59(7, SI), 1976–1992. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1790684>
- Buer, S.-V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 56(8), 2924–2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Busto Parra, B., Pando Cerra, P., & Alvarez Penin I, P. (2021). Combining ERP, Lean Philosophy and ICT: An Industry 4.0 Approach in an SME in the Manufacturing Sector in Spain. *ENGINEERING MANAGEMENT JOURNAL*. <https://doi.org/10.1080/10429247.2021.2000829>

- Calabrese, A., Dora, M., Ghiron, N. L., & Tiburzi, L. (2022). Industry's 4.0 transformation process: how to start, where to aim, what to be aware of. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*, 33(5), 492–512. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1830315>
- Camgoz-Akdag, H., Beldek, T., & Konyalioglu, A. K. (2018). Process improvement in a radiology department with value stream mapping and its linkage to industry 4.0. *IIOAB JOURNAL*, 9(6, SI), 36–41.
- Carvalho, F. R. D. (2013). *Análise Fatorial* [Universidade de Coimbra]. [https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/33696/1/Analise fatorial\\_FranciscoCarvalho.pdf](https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/33696/1/Analise%20fatorial_FranciscoCarvalho.pdf)
- Castiglione, C., Pastore, E., & Alfieri, A. (2022). Technical, economic, and environmental performance assessment of manufacturing systems: the multi-layer enterprise input-output formalization method. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2054743>
- Centro para a inovação no setor Público LABX. (n.d.). *Inquéritos por questionários online*. LABX Centro Para a Inovação No Setor Público. Retrieved April 30, 2022, from <https://labx.gov.pt/wp-content/uploads/2021/10/Guia-pratico-Inqueritos.pdf>
- Chiabert, P., D'Antonio, G., & Maida, L. (2018). Industry 4.0: technologies and OS&H implications. *GEAM-GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA-GEAM-GEOENGINEERING AND MINING*, 154, SI, 21–26.
- Chiarini, A., Belvedere, V., & Grando, A. (2020). Industry 4.0 strategies and technological developments. An exploratory research from Italian manufacturing companies. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*, 31(16), 1385–1398. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1710304>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*, 32(13), 1084–1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Ciano, M. P., Dallasega, P., Orzes, G., & Rossi, T. (2021). One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 59(5), 1386–1410. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1821119>
- Ciccarelli, M., Papetti, A., Cappelletti Federica and Brunzini, A., & Germani, M. (2022). Combining World Class Manufacturing system and Industry 4.0 technologies to design ergonomic manufacturing equipment. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING - IJIDEM*, 16(1), 263–279. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00832-7>
- Cifone, F. D., Hoberg, K., Holweg, M., & Staudacher, A. P. (2021). Lean 4.0: How can digital technologies support lean practices? *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108258>
- Cifone, F. D., & Staudacher, A. P. (2022). Do repetitive and non-repetitive companies equally benefit from Lean 4.0? *JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT*, 33(1), 84–102. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0500>

- Ciliberto, C., Szopik-Depczynska, K., Tarczynska-Luniewska, M., Ruggieri, A., & Ioppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT*, 30(7), 3255–3272. <https://doi.org/10.1002/bse.2801>
- Cimini, C., Boffelli, A., Lagorio, A., Kalchschmidt, M., & Pinto, R. (2021). How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs. *JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT*, 32(3, SI), 695–721. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0135>
- Cirillo, V., Rinaldini, M., Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2021). Technology vs. workers: the case of Italy's Industry 4.0 factories. *STRUCTURAL CHANGE AND ECONOMIC DYNAMICS*, 56, 166–183. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.09.007>
- Colim, A., Morgado, R., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Sousa, N., Rocha, L. A., & Arezes, P. (2021). Lean Manufacturing and Ergonomics Integration: Defining Productivity and Wellbeing Indicators in a Human-Robot Workstation. *SUSTAINABILITY*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/su13041931>
- Colim, A., Portugal, R. M., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, N. (2021). An Empirical Study of the Work Conditions and Productive Performance After Collaborative Robotics Implementation in a Manufacturing Assembly Process. *FME TRANSACTIONS*, 49(4), 859–866. <https://doi.org/10.5937/fme2104859C>
- Couto, P. S. (2017). *Introdução à análise estatística com SPSS - Conceitos básicos* (pp. 1–39).
- Cresnar, R., Potocan, V., & Nedelko, Z. (2020). Speeding Up the Implementation of Industry 4.0 with Management Tools: Empirical Investigations in Manufacturing Organizations. *SENSORS*, 20(12). <https://doi.org/10.3390/s20123469>
- Cruz Sanchez, V. G., Ochoa Dominguez Humberto de Jesus and Vergara Villegas, O. O., & Garcia Jimenez, V. (2020). Editorial for Volume 11 Number 1: Signal Processing and Production Processes in Advanced Engineering. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMBINATORIAL OPTIMIZATION PROBLEMS AND*, 11(1), 1–8.
- Cunha, L. M. A. da. (2007). *Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes* [Universidade de Lisboa]. [https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914\\_ULFC072532\\_TM.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914_ULFC072532_TM.pdf)
- De Giovanni, P., & Cariola, A. (2021). Process innovation through industry 4.0 technologies, lean practices and green supply chains. *RESEARCH IN TRANSPORTATION ECONOMICS*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100869>
- De Vin, L. J., Jacobsson, L., & Odhe, J. (2019). Simulator-assisted lean production training. *PRODUCTION AND MANUFACTURING RESEARCH-AN OPEN ACCESS JOURNAL*, 7(1), 433–447. <https://doi.org/10.1080/21693277.2019.1644248>
- Deuse, J., Dombrowski, U., Noehring, F., Mazarov, J., & Dix, Y. (2020). Systematic combination of Lean Management with digitalization to improve production systems on the example of Jidoka 4.0. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING BUSINESS MANAGEMENT*, 12. <https://doi.org/10.1177/1847979020951351>

- Di Nardo, M. (2020). Developing a Conceptual Framework Model of Industry 4.0 for Industrial Management. *INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT SYSTEMS*, 19(3), 551–560. <https://doi.org/10.7232/iems.2020.19.3.551>
- Ding, B., Ferras Hernandez, X., & Agell Jane, N. (2021). Combining lean and agile manufacturing competitive advantages through Industry 4.0 technologies: an integrative approach. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1934587>
- Dixit, A., Jakhar, S. K., & Kumar, P. (2022). Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121328>
- Donato, H., & Donato, M. (2019). Stages for undertaking a systematic review. *Acta Medica Portuguesa*, 32(3), 227–235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhvani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs - a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *COMPETITIVENESS REVIEW*, 30(3), 289–314. <https://doi.org/10.1108/CR-03-2019-0031>
- Efimova, A., & Bris, P. (2021). Quality 4.0 for Processes and Customers. *QUALITY INNOVATION PROSPERITY-KVALITA INOVACIA PROSPERITA*, 25(3), 33–47. <https://doi.org/10.12776/QIP.V25I3.1609>
- Felsberger, A., Qaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2022). The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: evidence from the European manufacturing industries. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*, 33(2–3, SI), 277–300. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810765>
- Ferreira, C. A. (2022). *Indústria 4.0 chega a Portugal com pouca visão estratégica e a diferentes velocidades*. Sapo Tek. <https://tek.sapo.pt/noticias/negocios/artigos/industria-4-0-chega-a-portugal-com-pouca-visao-estrategica-e-a-diferentes-velocidades>
- Fonda, E., & Meneghetti, A. (2022). The Human-Centric SMED. *SUSTAINABILITY*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010514>
- Fortuny-Santos, J., Ruiz-de-Arbulo Lopez, P., Lujan-Blanco, I., & Chen, P.-K. (2020). Assessing the synergies between lean manufacturing and Industry 4.0. *DIRECCION Y ORGANIZACION*, 71, 71–86. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i71.579>
- Frankenthal, R. (2022). *Entenda a escala Likert e saiba como aplicá-la em sua pesquisa*. MindMiners. <https://mindminers.com/blog/entenda-o-que-e-escala-likert/>
- Frontoni, E., Rosetti, R., Paolanti, M., & Alves, A. C. (2020). HATS project for lean and smart global logistic: A shipping company case study. *MANUFACTURING LETTERS*, 23, 71–74. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.12.003>
- Fukuzawa, M., Sugie, R., Park, Y., & Shi, J. (2022). An Exploratory Case Study on the Metrics and Performance of IoT Investment in Japanese Manufacturing Firms. *SUSTAINABILITY*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052708>

- Gaddi, M., Garbellini, N., & Garibaldo, F. (2021). The growing inequalities in Italy - North/South - and the increasing dependency of the successful North upon German and French industries. *EUROPEAN PLANNING STUDIES*, 29(9, SI), 1637–1655. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1963050>
- Garcia-Garcia, G., Coulthard, G., Jagtap, S., Afy-Shararah, M., Patsavellas, J., & Salonitis, K. (2021). Business Process Re-Engineering to Digitalise Quality Control Checks for Reducing Physical Waste and Resource Use in a Food Company. *SUSTAINABILITY*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212341>
- Ghaithan, A., Khan, M., Mohammed, A., & Hadidi, L. (2021). Impact of Industry 4.0 and Lean Manufacturing on the Sustainability Performance of Plastic and Petrochemical Organizations in Saudi Arabia. *SUSTAINABILITY*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/su132011252>
- Gholami, H., Abu, F., Lee, J. K. Y., Karganroudi, S. S., & Sharif, S. (2021). Sustainable Manufacturing 4.0-Pathways and Practices. *SUSTAINABILITY*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413956>
- Ghouat, M., Haddout, A., & Benhadou, M. (2021). Impact of Industry 4.0 Concept on the Levers of Lean Manufacturing Approach in Manufacturing Industries. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE AND MECHANICAL ENGINEERING*, 18(1), 8523–8530. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.1.2021.11.0646>
- Groten, M., & Gallego-Garcia, S. (2021). A Systematic Improvement Model to Optimize Production Systems within Industry 4.0 Environments: A Simulation Case Study. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/app112311112>
- Haddud, A., & Khare, A. (2020). Digitalizing supply chains potential benefits and impact on lean operations. *INTERNATIONAL JOURNAL OF LEAN SIX SIGMA*, 11(4), 731–765. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2019-0026>
- Ho, P. T., Albajez, J. A., Santolaria, J., & Yague-Fabra, J. A. (2022). Study of Augmented Reality Based Manufacturing for Further Integration of Quality Control 4.0: A Systematic Literature Review. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/app12041961>
- Hunston, S., & Oakey, D. (2020). Designing a questionnaire. In *Introducing Applied Linguistics* (Vol. 1, Issue 1). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203875728-26>
- Ilangakoon, T. S., Weerabahu, S. K., Samaranayake, P., & Wickramarachchi, R. (2021). Adoption of Industry 4.0 and lean concepts in hospitals for healthcare operational performance improvement. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTIVITY AND PERFORMANCE MANAGEMENT*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0654>
- Ito, T., Abd Rahman, M. S., Mohamad, E., Abd Rahman, A. A., & Salleh, M. R. (2020). Internet of things and simulation approach for decision support system in lean manufacturing. *JOURNAL OF ADVANCED MECHANICAL DESIGN SYSTEMS AND MANUFACTURING*, 14(2). <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2020jamdsm0027>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An introduction to statistical learning with applications in R*. SPRINGER.

- Jimenez, M., Espinosa, M. del M., Dominguez, M., Romero, M., & Awad, T. (2021). Adaptation of the Lean 6S Methodology in an Industrial Environment under Sustainability and Industry 4.0 Criteria. *SUSTAINABILITY*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212449>
- John, L., Sampayo, M., & Pecas, P. (2021). Lean & Green on Industry 4.0 Context - Contribution to Understand L&G Drivers and Design Principles. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 6(5), 1214–1229. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2021.6.5.073>
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 58(5), 1319–1337. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1630772>
- Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., & Goswami, M. (2021). Modelling interactions of select enablers of Lean Six-Sigma considering sustainability implications: an integrated circular economy and Industry 4.0 perspective. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1980908>
- Khanzode, A. G., Sarma, P. R. S., Mangla, S. K., & Yuan, H. (2021). Modeling the Industry 4.0 adoption for sustainable production in Micro, Small & Medium Enterprises. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123489>
- Kipper, L. M., Furstenu, L. B., Hoppe, D., Frozza, R., & Iepsen, S. (2020). Scopus scientific mapping production in industry 4.0 (2011?2018): a bibliometric analysis. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 58(6), 1605–1627. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1671625>
- Kitchenham, B., & Pfleeger, S. L. (2002). Principles of survey research part 4. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 27(3), 20–23. <https://doi.org/10.1145/638574.638580>
- Kuefner, T., Schoenig, S., Jasinski, R., & Ermer, A. (2021). Vertical data continuity with lean edge analytics for industry 4.0 production. *COMPUTERS IN INDUSTRY*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103389>
- Kulinich, T., Berezina, L., Bahan, N., Vashchenko, I., & Huriievsk, V. (2021). Application of project management: lean technologies and saving manufacturing (aspects of management and public administration). *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND NETWORK SECURITY*, 21(5), 57–68. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.5.11>
- Kumar, L., Hossain, N. U. I., Fazio, S. A., Awasthi, A., Jaradat, R., & Babski-Reeves, K. (2021). A data driven decision model for assessing the enablers of quality dimensions: Context of industry 4.0. *CIRP JOURNAL OF MANUFACTURING SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 35, 896–910. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.10.003>
- Kumar, S., Suhaib, M., & Asjad, M. (2020). Industry 4.0: Complex, disruptive, but inevitable. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 11(1), 43–51. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.132942>

- Lauria, M., & Azzalin, M. (2019). Project and maintainability in the era of Industry 4.0. *TECHNE-JOURNAL OF TECHNOLOGY FOR ARCHITECTURE AND ENVIRONMENT*, 18, 184–190. <https://doi.org/10.13128/techne-7525>
- Lekan, A., Clinton, A., Fayomi, O. S. I., & James, O. (2020). Lean Thinking and Industrial 4.0 Approach to Achieving Construction 4.0 for Industrialization and Technological Development. *BUILDINGS*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/buildings10120221>
- Leong, W. D., Teng, S. Y., How, B. S., Ngan Sue Lin and Abd Rahman, A., Tan, C. P., Ponnambalam, S. G., & Lam, H. L. (2020). Enhancing the adaptability: Lean and green strategy towards the Industry Revolution 4.0. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122870>
- Letchumanan, L. T., Gholami, H., Yusof Noordin Mohd and Bin Ngadiman, N. H. A., Salameh, A. A., Streimikiene, D., & Cavallaro, F. (2022). Analyzing the Factors Enabling Green Lean Six Sigma Implementation in the Industry 4.0 Era. *SUSTAINABILITY*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063450>
- Mahdavisarif, M., Cagliano, A. C., & Rafele, C. (2022). Investigating the Integration of Industry 4.0 and Lean Principles on Supply Chain: A Multi-Perspective Systematic Literature Review. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/app12020586>
- Maier, H. T., Schmiedbauer, O., & Biedermann, H. (2020). Validation of a Lean Smart Maintenance Maturity Model. *TEHNICKI GLASNIK-TECHNICAL JOURNAL*, 14(3), 296–302. <https://doi.org/10.31803/tg-20200706131623>
- Marc, I., Kusar, J., & Berlec, T. (2022). Decision-Making Techniques of the Consumer Behaviour Optimisation of the Product Own Price. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/app12042176>
- Marodin, G., Chiappetta Jabbour, C. J., Godinho, Filho, M., & Luz Tortorella, G. (2022). Lean production, information and communication technologies and operational performance. *TOTAL QUALITY MANAGEMENT & BUSINESS EXCELLENCE*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2035214>
- Mecca, G., Santomauro, M., Santoro, D., & Veltri, E. (2021). IoT Helper: A Lightweight and Extensible Framework for Fast-Prototyping IoT Architectures. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/app11209670>
- Mendes, R., Fernandes, J., & Correia, M. (n.d.). *Suporte à elaboração de inquéritos: Guia prático para elaboração de inquéritos por questionário*. Universidade de Lisboa. Retrieved April 30, 2022, from [https://aepq.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/22/MANUAL\\_SEI\\_FINAL.pdf](https://aepq.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/22/MANUAL_SEI_FINAL.pdf)
- Meng, X. (2019). Lean management in the context of construction supply chains. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 57(11), 3784–3798. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1566659>
- Mohammed, I. K., & Trzcielinski, S. (2021). The Interconnections Between ICT, Industry 4.0 and Agile Manufacturing. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 12(4), 99–110. <https://doi.org/10.24425/mper.2021.139998>

- Moretti, I. (2023). Pesquisa de levantamento (survey): veja o que é e como aplicar o método. <https://viacarreira.com/pesquisa-de-levantamento/>
- Munoz-Villamizar, A., Santos, J., Grau, P., & Viles, E. (2021). Toolkit for simultaneously improving production and environmental efficiencies. *CENTRAL EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONS RESEARCH*, 29(4), 1219–1230. <https://doi.org/10.1007/s10100-019-00664-7>
- Nazarov, D., & Klarin, A. (2020). Taxonomy of Industry 4.0 research: Mapping scholarship and industry insights. *SYSTEMS RESEARCH AND BEHAVIORAL SCIENCE*, 37(4, SI), 535–556. <https://doi.org/10.1002/sres.2700>
- Nedelko, Z. (2021). What Drives the Usage of Management Tools Supporting Industry 4.0 in Organizations? *SENSORS*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/s21103512>
- Nedjwa, E., Bertrand, R., & Boudemagh, S. S. (2022). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean management tools: a bibliometric analysis. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING - IJIDEM*, 16(1), 135–150. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00795-9>
- Nounou, A., Jaber, H., & Aydin, R. (2022). A cyber-physical system architecture based on lean principles for managing industry 4.0 setups. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING*. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2027016>
- Paslawski, J., & Rudnicki, T. (2021). Agile/Flexible and lean management in ready-mix concrete delivery. *ARCHIVES OF CIVIL ENGINEERING*, 67(1), 689–709.
- Pecas, P., Encarnacao, J., Gamboa, M., & Sampayo Manuel and Jorge, D. (2021). PDCA 4.0: A New Conceptual Approach for Continuous Improvement in the Industry 4.0 Paradigm. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/app11167671>
- Pekarcikova, M., Trebuna, P., Kliment, M., & Rosocha, L. (2020). Material flow optimization through e-kanban system simulation. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SIMULATION MODELLING*, 19(2), 243–254. <https://doi.org/10.2507/IJSIMM19-2-513>
- Pereira, A. C., Dinis-Carvalho, J., Alves, A. C., & Arezes, P. (2019). How Industry 4.0 Can Enhance Lean Practices. *FME TRANSACTIONS*, 47(4), 810–822. <https://doi.org/10.5937/fmet1904810P>
- Pereira, C., & Sachidananda, H. K. (2022). Impact of industry 4.0 technologies on lean manufacturing and organizational performance in an organization. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING - IJIDEM*, 16(1), 25–36. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00797-7>
- Pereira, V., & Araújo, E. (2015). *Aula: Análise Fatorial Exploratória*. Disciplina: Estatística Multivariada. [https://www.researchgate.net/publication/281465528\\_Estatistica\\_Multivariada\\_SPSS\\_-\\_03\\_-\\_Analise\\_Fatorial\\_Exploratoria\\_e\\_Analise\\_de\\_Componentes\\_Principais](https://www.researchgate.net/publication/281465528_Estatistica_Multivariada_SPSS_-_03_-_Analise_Fatorial_Exploratoria_e_Analise_de_Componentes_Principais)
- Perez, L., Rodriguez-Jimenez, S., Rodriguez, N., Usamentiaga, R., & Garcia, D. F. (2020). Digital Twin and Virtual Reality Based Methodology for Multi-Robot Manufacturing Cell Commissioning. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103633>

- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2014). *Análise de Dados para Ciências Sociais: a Complementaridade do SPSS (6ª)*. Silabo.
- Powell, D., Magnanini, M. C., Colledani, M., & Myklebust, O. (2022). Advancing zero defect manufacturing: A state-of-the-art perspective and future research directions. *COMPUTERS IN INDUSTRY*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103596>
- Pozzi, R., Cannas, V. G., & Ciano, M. P. (2021). Linking data science to lean production: a model to support lean practices. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1946192>
- Pozzi, R., Rossi, T., & Secchi, R. (n.d.). Industry 4.0 technologies: critical success factors for implementation and improvements in manufacturing companies. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1891481>
- Psarommatis, F., Sousa, J., Mendonca, J. P., & Kiritsis, D. (2022). Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 60(1, SI), 73–91. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1987551>
- Qu, Y., Ming, X., Ni, Y., Li, X., Liu, Z., Zhang, X., & Xie, L. (2019). An integrated framework of enterprise information systems in smart manufacturing system via business process reengineering. *PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS PART B-JOURNAL OF ENGINEERING MANUFACTURE*, 233(11), 2210–2224. <https://doi.org/10.1177/0954405418816846>
- Quevedo-Silva, F., Santos, E. B. A., Brandão, M. M., & Vils, L. (2016). Bibliometric study: Guidelines on its application. *Revista Brasileira de Marketing*, 15(2), 246–262. <https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274>
- Raj, S. A., Zubar, H. A., & Basahel, A. M. (2019). Optimization of chemical plant layout and pilot study on implementation of Industry 4.0. *JOURNAL OF MECHANICS OF CONTINUA AND MATHEMATICAL SCIENCES*, 3, 68–81. <https://doi.org/10.26782/jmcms.spl.3/2019.09.00006>
- Raji, I. O., Shevtshenko, E., Rossi, T., & Strozzi, F. (2021). Modelling the relationship of digital technologies with lean and agile strategies. *SUPPLY CHAIN FORUM*, 22(4), 323–346. <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1925583>
- Ramadan, M., Salah, B., Othman, M., & Ayubali, A. A. (2020). Industry 4.0-Based Real-Time Scheduling and Dispatching in Lean Manufacturing Systems. *SUSTAINABILITY*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062272>
- Ramirez-Pena, M., Sanchez Sotano, A. J., Perez-Fernandez, V., Abad, F. J., & Batista, M. (2020). Achieving a sustainable shipbuilding supply chain under I4.0 perspective. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118789>
- Ramos, S. (2019). *Inferência estatística não paramétrica* (pp. 1–24).
- Ramos, S. (2019). *Alguns fundamentos de inferência estatística* (pp. 1–41).
- Ramos, S. (2019). *Inferência estatística: abordagem clássica* (pp. 1–17).

- Ramos, S. (2019). *Análise descritiva exploratória de dados* (pp. 1–35).
- Rassameethes, B., Phusavat, K., Pastuszak, Z., Hidayanto, A. N., & Majava, J. (2021). From training to learning: Transition of a workplace for industry 4.0. *HUMAN SYSTEMS MANAGEMENT*, 40(6), 777–787. <https://doi.org/10.3233/HSM-211533>
- Rauch, E., & Vickery, A. R. (2020). Systematic analysis of needs and requirements for the design of smart manufacturing systems in SMEs. *JOURNAL OF COMPUTATIONAL DESIGN AND ENGINEERING*, 7(2), 129–144. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa012>
- Reis, A. V. dos. (2021). *Como fazer uma Revisão Sistemática & Análise Bibliométrica ( versão resumida )*. [https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1118455/mod\\_resource/content/1/Como\\_fazer\\_revisao\\_sistemática\\_e\\_analise\\_bibliométrica.pdf](https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1118455/mod_resource/content/1/Como_fazer_revisao_sistemática_e_analise_bibliométrica.pdf)
- Reyes, J., Mula, J., & Diaz-Madronero, M. (2021). Development of a conceptual model for lean supply chain planning in industry 4.0: multidimensional analysis for operations management. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1993373>
- Rifqi, H., Zamma, A., Ben Souda, S., & Hansali, M. (2021). Positive Effect of Industry 4.0 on Quality and Operations Management. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ONLINE AND BIOMEDICAL ENGINEERING*, 17(9), 133–147. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i09.24717>
- Rodriguez Delgadillo, R., Medini, K., & Wuest, T. (2022). A DMAIC Framework to Improve Quality and Sustainability in Additive Manufacturing-A Case Study. *SUSTAINABILITY*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010581>
- Roopa, S., & Menta Satya, R. (2012). Questionnaire Designing for a Survey. *The Journal of Indian Orthodontic Society*, 46, 37–41. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10021-1104>
- Rosienkiewicz, M., Kowalski, A., Helman, J., & Zbiec, M. (2018). Development of Lean Hybrid Furniture Production Control System based on Glenday Sieve, Artificial Neural Networks and Simulation Modeling. *DRVNA INDUSTRIJA*, 69(2), 163–173. <https://doi.org/10.5552/drind.2018.1747>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2021). Impact of Industry 4.0 on decision-making in an operational context. *ADVANCES IN PRODUCTION ENGINEERING & MANAGEMENT*, 16(4), 500–514. <https://doi.org/10.14743/apem2021.4.416>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2022). Enhancing the Decision-Making Process through Industry 4.0 Technologies. *SUSTAINABILITY*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010461>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 58(6), 1644–1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- Rossi, F., Pini, F., Carlesimo, A., Dalpadulo, E., Blumetti, F., Gherardini, F., & Leali, F. (2020). Effective integration of Cobots and additive manufacturing for reconfigurable assembly solutions of biomedical products. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING - IJIDEM*, 14(3), 1085–1089. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00682-9>

- Rossini, M., Cifone, F. D., Kassem, B., Costa, F., & Portioli-Staudacher, A. (2021). Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector. *JOURNAL OF MANUFACTURING TECHNOLOGY MANAGEMENT*, 32(9), 239–259. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2020-0467>
- Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 102(9–12), 3963–3976. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03441-7>
- Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., Valvo, A., & Portioli-Staudacher, A. (2021). Lean Production and Industry 4.0 integration: how Lean Automation is emerging in manufacturing industry. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1992031>
- Saabye, H., Kristensen, T. B., & Waehrens, B. V. (2022). Developing a learning-to-learn capability: insights on conditions for Industry 4.0 adoption. *INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT*, 42(13), 25–53. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2021-0428>
- Saabye, H., Kristensen, T. B., & Waehrens, B. V. (2020). Real-Time Data Utilization Barriers to Improving Production Performance: An In-depth Case Study Linking Lean Management and Industry 4.0 from a Learning Organization Perspective. *SUSTAINABILITY*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/su12218757>
- Santos, B. P., Enrique, D. V., Maciel, V. B. P., Lima, T. M., Charrua-Santos, F., & Walczak, R. (2021). The Synergic Relationship Between Industry 4.0 and Lean Management: Best Practices from the Literature. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 12(1), 94–107. <https://doi.org/10.24425/mper.2021.136875>
- Santos, J., Munoz-Villamizar, A., Ormazabal, M., & Viles, E. (2019). Using problem-oriented monitoring to simultaneously improve productivity and environmental performance in manufacturing companies. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING*, 32(2), 183–193. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2018.1552796>
- SAP. (n.d.). *What is product lifecycle management (PLM)?* SAP. Retrieved May 17, 2023, from <https://www.sap.com/products/scm/plm-r-d-engineering/what-is-product-lifecycle-management.html>
- Schimanski, C. P., Monizza, G. P., Marcher, C., & Matt, D. T. (2019). Pushing Digital Automation of Configure-to-Order Services in Small and Medium Enterprises of the Construction Equipment Industry: A Design Science Research Approach. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 9(18). <https://doi.org/10.3390/app9183780>
- Schmidt, D., Villalba Diez, J., Ordieres-Mere, J., Gevers, R., Schwiep, J., & Molina, M. (2020). Industry 4.0 Lean Shopfloor Management Characterization Using EEG Sensors and Deep Learning. *SENSORS*, 20(10). <https://doi.org/10.3390/s20102860>
- SDUA. (2020). *Manual para a realização de citações em texto e referências bibliográficas - APA 7ª edição*. Universidade de Aveiro. <https://www.ua.pt/file/62230>

- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 107(5–6), 2927–2936. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>
- Sharma, H., Sohani, N., & Yadav, A. (2020). Structural modeling of lean supply chain enablers: a hybrid AHP and ISM-MICMAC based approach. *JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN AND TECHNOLOGY*. <https://doi.org/10.1108/JEDT-08-2021-0419>
- Slim, R., Houssin, R., Coulibaly, A., & Chibane, H. (2021). Lean System Design Framework Based on Lean Functionalities and Criteria Integration in Production Machines Design Phase. *FME TRANSACTIONS*, 49(3), 575–586. <https://doi.org/10.5937/fme2103575S>
- Sony, M. (2020). Design of cyber physical system architecture for industry 4.0 through lean six sigma: conceptual foundations and research issues. *PRODUCTION AND MANUFACTURING RESEARCH-AN OPEN ACCESS JOURNAL*, 8(1), 158–181. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1774814>
- Sony, M. (2018). Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. *PRODUCTION AND MANUFACTURING RESEARCH-AN OPEN ACCESS JOURNAL*, 6(1), 416–432. <https://doi.org/10.1080/21693277.2018.1540949>
- Sony, M., Antony, J., Douglas, J. A., & McDermott, O. (2021). Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation: an exploratory study. *TQM JOURNAL*, 33(6), 1502–1515. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2020-0272>
- Spenhoff, P., Wortmann, J. C. (Hans), & Semini, M. (2020). EPEC 4.0: an Industry 4.0-supported lean production control concept for the semi-process industry. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1864496>
- Stadnicka, D., & Antonelli, D. (2019). Human-robot collaborative work cell implementation through lean thinking. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING*, 32(6), 580–595. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1599437>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2019). *Using Multivariate Statistics (7<sup>a</sup>)*. Pearson Education, Inc.
- Tadeu Pacchini, A. P., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *COMPUTERS IN INDUSTRY*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>
- Tantscher, D., & Mayer, B. (2022). Digital Retrofitting of legacy machines: A holistic procedure model for industrial companies. *CIRP JOURNAL OF MANUFACTURING SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.10.011>
- Tiep, N. C., Oanh, T. T. K., Thuan, T. D., Tien V, D., Ha, & V, T. (2020). Industry 4.0, lean management and organizational support: A case of supply chain operations. *POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES*, 22(1), 583–594. <https://doi.org/10.17512/pjms.2020.22.1.37>
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 56(8), 2975–2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>

- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108224>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Esposto, K. F., Mac Cawley Vergara, A., Vassolo Roberto and Mendoza, D. T., & Narayanamurthy, G. (2020). Effects of contingencies on healthcare 4.0 technologies adoption and barriers in emerging economies. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120048>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Mendoza, D. T., Pepper, M., & Capurro, D. (2022). Digital transformation of health services: a value stream-oriented approach. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2048115>
- Tortorella, G. L., Narayanamurthy, G., & Thurer, M. (2021). Identifying pathways to a high-performing lean automation implementation: An empirical study in the manufacturing industry. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, 231. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107918>
- Tortorella, G. L., Pradhan, N., de Anda Enrique Macias and Martinez, S. T., Sawhney, R., & Kumar, M. (2020). Designing lean value streams in the fourth industrial revolution era: proposition of technology-integrated guidelines. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 58(16), 5020–5033. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1743893>
- Tortorella, G. L., Rossini, M., Costa, F., Staudacher, A. P., & Sawhney, R. (2021). A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies. *TOTAL QUALITY MANAGEMENT & BUSINESS EXCELLENCE*, 32(11–12), 1249–1270. <https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1696184>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Paolo, G., & and Jurburg, D. (2021). Relationships between competences and lean automation practices: an exploratory study. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1953178>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Godinho Filho, M., Samson, D., & Kumar, M. (2021). Bundles of Lean Automation practices and principles and their impact on operational performance. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108106>
- Tran, T.-A., Ruppert, T., & Abonyi, J. (2021). Indoor Positioning Systems Can Revolutionise Digital Lean. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/app11115291>
- Trebuna, P., Pekarcikova, M., & Edl, M. (2019). Digital value stream mapping using the tecnomatix plant simulation software. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SIMULATION MODELLING*, 18(1), 19–32. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM18\(1\)455](https://doi.org/10.2507/IJSIMM18(1)455)
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Bhadauria, A., Sharma, S., Li, C., Pimenov, D. Y., Giasin, K., Singh, S., & Gautam, G. D. (2021). An Agile System to Enhance Productivity through a Modified Value Stream Mapping Approach in Industry 4.0: A Novel Approach. *SUSTAINABILITY*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111997>
- Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay Alok Kumar and Sharma, S., Li, C., & Di Bona, G. (2022). A Sustainable Methodology Using Lean and Smart Manufacturing for the Cleaner

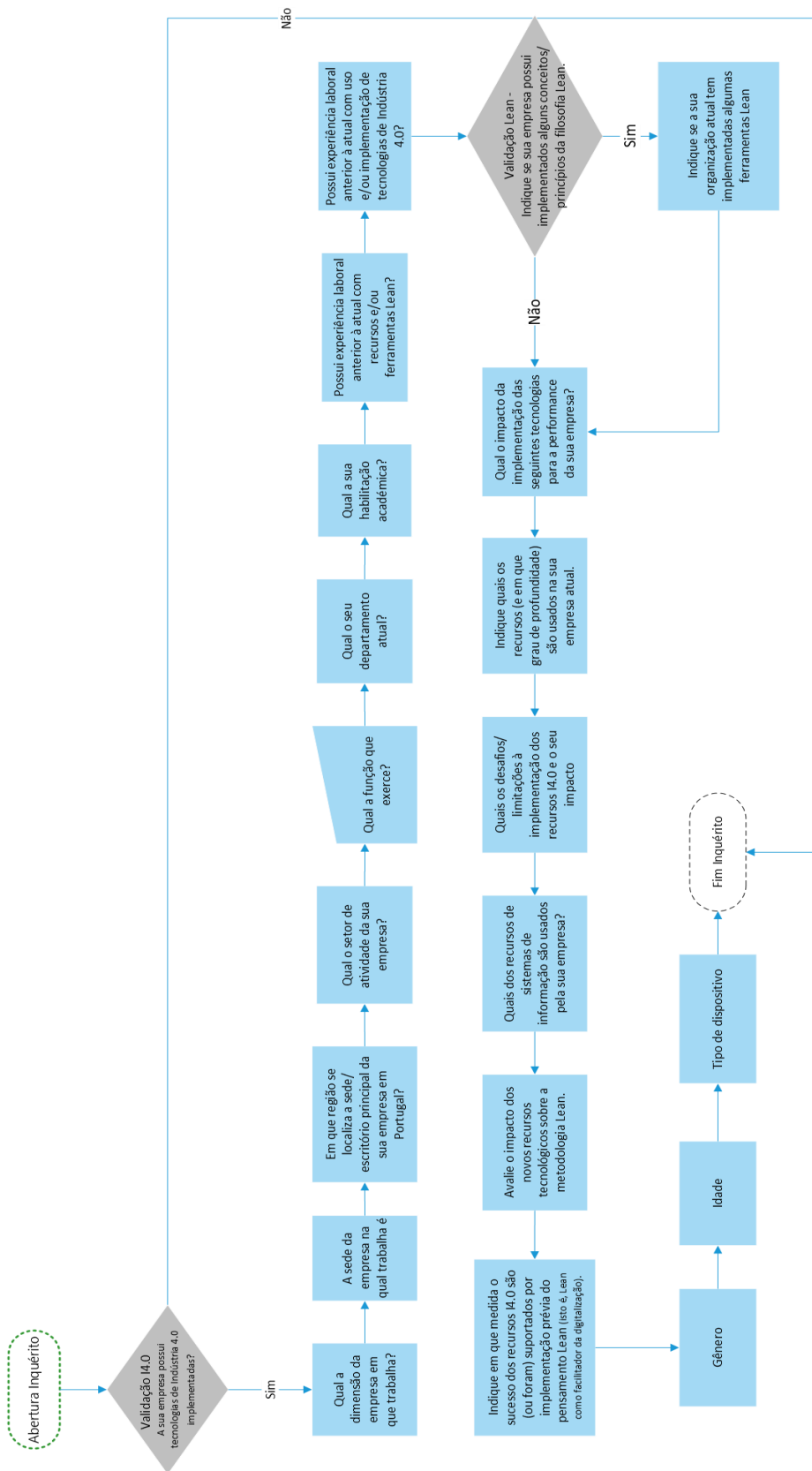
- Production of Shop Floor Management in Industry 4.0. *MATHEMATICS*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/math10030347>
- Tsai, W.-H., & Lai, S.-Y. (2018). Green Production Planning and Control Model with ABC under Industry 4.0 for the Paper Industry. *SUSTAINABILITY*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/su10082932>
- Tseng, M.-L., Tran, T. P. T., Ha, H. M., Bui, T.-D., & Lim, M. K. (2021). Sustainable industrial and operation engineering trends and challenges Toward Industry 4.0: a data driven analysis. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND PRODUCTION ENGINEERING*, 38(8), 581–598. <https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1950227>
- Tumelero, N. (2019). Pesquisa Survey: material completo desde os objetivos às variáveis. <https://blog.mettzer.com/pesquisa-survey/>
- Uriarte, A. G., Ng, A. H. C., & Moris, M. U. (2020). Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 58(1), 87–117. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1643512>
- Valamede, L. S., & Santos Akkari, A. C. (2020). Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies. *INTERNATIONAL JOURNAL OF MATHEMATICAL ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 5(5), 851–868. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2020.5.5.066>
- van Kollenburg, G. H., van Es, J., Gerretzen, J., Lanter, H., Bouman, R., Koelewijn, W., Davies, A. N., Buydens, L. M. C., van Manen, H.-J., & Jansen, J. J. (2020). Understanding chemical production processes by using PLS path model parameters as soft sensors. *COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106841>
- Varela, L., Araujo, A., Avila, P., & Castro Helio and Putnik, G. (2019). Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability. *SUSTAINABILITY*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/su11051439>
- Viana, A. B. N. (n.d.). *Módulo 17 - Análise fatorial*. Tutorial SPSS – Análise Dos Resultados. Retrieved March 30, 2023, from <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=3043433>
- Villalba-Diez, J., Gutierrez, M., Grijalvo Martin, M., Sterkenburgh, T., Carlos Losada, J., & Maria Benito, R. (2021). Quantum JIDOKA. Integration of Quantum Simulation on a CNC Machine for In-Process Control Visualization. *SENSORS*, 21(15). <https://doi.org/10.3390/s21155031>
- Villalba-Diez, J., Molina, M., Ordieres-Mere, J., Sun, S., Schmidt, D., & Wellbrock, W. (2020). Geometric Deep Lean Learning: Deep Learning in Industry 4.0 Cyber-Physical Complex Networks. *SENSORS*, 20(3). <https://doi.org/10.3390/s20030763>
- Villalba-Diez, J., Molina, M., & Schmidt, D. (2021). Geometric Deep Lean Learning: Evaluation Using a Twitter Social Network. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156777>
- Villalba-Diez, J., Ordieres-Mere, J., Molina, M., Rossner, M., & Lay, M. (2018). Lean dendrochronology: complexity reduction by representation of KPI dynamics looking at

- strategic organizational design. *MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING REVIEW*, 9(4), 3–9. <https://doi.org/10.24425/119541>
- Villalba-Diez, J., & Zheng, X. (2020). Quantum Strategic Organizational Design: Alignment in Industry 4.0 Complex-Networked Cyber-Physical Lean Management Systems. *SENSORS*, 20(20). <https://doi.org/10.3390/s20205856>
- Villalba-Diez, J., Zheng, X., Schmidt, D., & Molina, M. (2019). Characterization of Industry 4.0 Lean Management Problem-Solving Behavioral Patterns Using EEG Sensors and Deep Learning. *SENSORS*, 19(13). <https://doi.org/10.3390/s19132841>
- Vlachos, I. P., Pascazzi, R. M., Zobolas, G., Repoussis, P., & Giannakis, M. (2021). Lean manufacturing systems in the area of Industry 4.0: a lean automation plan of AGVs/IoT integration. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1917720>
- Wang, D., & Zhang, Y. (2020). Implications for sustainability in supply chain management and the circular economy using machine learning model. *INFORMATION SYSTEMS AND E-BUSINESS MANAGEMENT*. <https://doi.org/10.1007/s10257-020-00477-1>
- Wang, H., He, Q., Zhang, Z., Peng, T., & Tang, R. (2021). Framework of automated value stream mapping for lean production under the Industry 4.0 paradigm. *JOURNAL OF ZHEJIANG UNIVERSITY-SCIENCE A*, 22(5), 382–395. <https://doi.org/10.1631/jzus.A2000480>
- Wielki, J., & Koziol, P. (2019). Optimization of business processes with the use of microlocation tools based on the Industry 4.0 concept. *QUALITY-ACCESS TO SUCCESS*, 20(1), 469–474.
- Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Rai, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120112>
- Yilmaz, A., Dora, M., Hezarkhani, B., & Kumar, M. (2022). Lean and industry 4.0: Mapping determinants and barriers from a social, environmental, and operational perspective. *TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121320>
- Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*, 56(1–2, SI), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>
- Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Chaouni, Benabdellah, A., & Bag, S. (2021). A model integrating lean and green practices for viable, sustainable, and digital supply chain performance. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1994164>
- Zhang, K., Qu, T., Zhou, D., Thurer, M., Liu, Y., Nie, D., Li, C., & Huang, G. Q. (2019). IoT-enabled dynamic lean control mechanism for typical production systems. *JOURNAL OF AMBIENT INTELLIGENCE AND HUMANIZED COMPUTING*, 10(3, SI), 1009–1023. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-1012-z>

- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2021). The road towards industry 4.0: a comparative study of the state-of-the-art in the Italian manufacturing industry. *BENCHMARKING-AN INTERNATIONAL JOURNAL*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2021-0056>
- Zoubek, M., Poor, P., Broum, T., Basl, J., & Simon, M. (2021). Industry 4.0 Maturity Model Assessing Environmental Attributes of Manufacturing Company. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/app11115151>

# APÊNDICE

## Estrutura do Inquérito





## ANEXOS

### Anexo I – Parte introdutória do questionário

---

Este inquérito é um recurso para recolha de dados e parte integrante de uma tese do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP/IPP).

A pesquisa tem por objetivo analisar a integração e aplicação de transformação digital sob a ótica do Lean 4.0 nas empresas portuguesas, explorando fatores como implementação de recursos e ferramentas Lean, tecnologias 4.0, conhecimento e integração desses conceitos à cultura organizacional.

Todos os resultados serão tratados exclusivamente para o fim descrito acima e sob anonimato, de acordo com o RGPD (regulamento EU 2016/679) em vigor.

O questionário está dividido em 4 partes e composto por 19 perguntas, sendo 17 de escolha múltipla:

Seção 1 > Triagem dos respondentes (1)

Seção 2 > Informações gerais (11)

Seção 2 > Grau de implementação de práticas Lean (3)

Seção 4 > Informações sobre implementação de tecnologias de Indústria 4.0 (6)

Seção 5 > Informações sobre Lean 4.0 (2)

MUITO OBRIGADA pela sua colaboração!

---

## Anexo II - Pergunta de triagem dos respondentes

---

Q1. Validação I4.0 - A sua empresa possui tecnologias de Indústria 4.0 implementadas? Exemplos de tecnologias de indústria 4.0: *big data*, *cloud computing*, *machine learning*, robôs colaborativos, inteligência artificial, manufatura aditiva, impressão 3D, realidade aumentada, veículos autónomos, tecnologias móveis, etc.

- ( ) Sim
  - ( ) Não
- 

## Anexo III - Informações gerais sobre a organização e respondente

---

Q2. Qual a dimensão da empresa em que trabalha?

- ( ) Micro - inferior a 10 trabalhadores
- ( ) Pequena – entre 10 e 50 trabalhadores
- ( ) Média – maior ou igual a 50 e inferior a 250 trabalhadores
- ( ) Grande – igual ou superior a 250 trabalhadores

Q3. A sede da empresa na qual trabalha é

- ( ) Em Portugal
- ( ) Fora de Portugal

Q4. Em que região se localiza a sede/escritório principal da sua empresa em Portugal?

- ( ) Norte
- ( ) Área metropolitana de Lisboa
- ( ) Centro
- ( ) Região Autónoma da Madeira
- ( ) Algarve
- ( ) Alentejo
- ( ) Região Autónoma dos Açores

Q5. Qual o setor de atividade da sua empresa?

- ( ) Indústria Aeroespacial
- ( ) Indústria Alimentar / Bebidas
- ( ) Indústria Cultural e Criativa
- ( ) Indústria da Agricultura, produção animal, caça, silvicultura e pesca
- ( ) Indústria da Borracha
- ( ) Indústria da Construção Naval
- ( ) Indústria de Base Florestal (Madeira, Cortiça, Pasta e Papel e seus derivados)
- ( ) Indústria de Energia (Eletricidade, gás e água)
- ( ) Indústria de Energia Renovável

- ( ) Indústria de Materiais de Construção
- ( ) Indústria de Materiais Elétricos e Eletrônicos
- ( ) Indústria de Vestuário
- ( ) Indústria do Aço
- ( ) Indústria do Automóvel, Mobilidade e Transporte
- ( ) Indústria do Calçado
- ( ) Indústria do Couro
- ( ) Indústria do Mobiliário
- ( ) Indústria do Plástico
- ( ) Indústria do Tabaco
- ( ) Indústria Petroquímica
- ( ) Indústria Química
- ( ) Indústria Têxtil
- ( ) Outras

**Q6. Qual a função que exerce? (exemplos: coordenação, chefe de setor, supervisor, CEO, CFO, etc.)**

---

**Q7. Qual o seu departamento atual?**

- ( ) Comercial
- ( ) Financeiro/Controladoria
- ( ) Logística/Distribuição
- ( ) Marketing
- ( ) Pesquisa e Desenvolvimento
- ( ) Produção
- ( ) Projetos
- ( ) Qualidade
- ( ) Recursos Humanos
- ( ) Suprimentos/Compras
- ( ) S&OP/S&OE/*Business Analysis*
- ( ) Tecnologia da Informação
- ( ) Outro (especifique)

**Q8. Qual a sua habilitação académica?**

- ( ) 1º Ciclo | 4º ano
- ( ) 2º Ciclo | 6º ano
- ( ) 3º Ciclo | 9º ano
- ( ) Secundário | 12º ano
- ( ) Pós-Secundário | técnico/profissionais/aprendizagem/especializados
- ( ) Licenciatura
- ( ) Mestrado
- ( ) Título de Especialista
- ( ) Doutoramento
- ( ) Pós-doutoramento

**Q9. Possui experiência laboral anterior à atual com recursos e/ou ferramentas Lean?**

- ( ) Sim

- ( ) Não

**Q10. Possui experiência laboral anterior à atual com uso e/ou implementação de tecnologias de Indústria 4.0?**

- ( ) Sim
- ( ) Não

**Q11. Gênero**

- ( ) Feminino
- ( ) Masculino

**Q12. Idade**

- ( ) De 18 a 29
  - ( ) De 30 a 44
  - ( ) De 45 a 60
  - ( ) Acima de 60
  - ( ) Abaixo de 18
- 

**Anexo IV - Informações sobre a implementação Lean**

---

**Q13. Validação Lean** - Indique se sua empresa possui implementados alguns conceitos/princípios da filosofia Lean. Exemplos de ferramentas Lean: 5S, SMED, Kaizen, Kanban, Problem Solving A3, Value Stream Mapping, etc.

- ( ) Sim
- ( ) Não

**Q14. Indique se a sua organização atual tem implementadas algumas ferramentas Lean:**

- ( ) 5S
- ( ) Andon
- ( ) Gemba Walk
- ( ) Genchi Genbutsu
- ( ) Gestão Visual
- ( ) Heijunka
- ( ) Hoshin Kanri Matrix / X Matrix
- ( ) Jidoka
- ( ) Kaizen
- ( ) Kamishibai
- ( ) Kanban
- ( ) Milk run / Mizusumachi
- ( ) Problem Solving A3

- ( ) Poka Yoke
- ( ) Pull Production
- ( ) SMED
- ( ) Standard Work
- ( ) Total Productive Maintenance (TPM)
- ( ) Value Stream Mapping
- ( ) Yokoten

## Anexo V - Informações sobre a implementação de tecnologias de Indústria 4.0

**Q15. Qual o impacto da implementação das seguintes tecnologias para a performance da sua empresa? Caso não aplique o recurso ou desconheça seus impactos, pode selecionar N/A.**

	N/A	Impacto muito negativo	Impacto negativo	Sem impacto	Impacto positivo	Impacto muito positivo
Big Data e Analytics						
Cloud Computing						
Cybersecurity						
IoT (Internet das Coisas)						
Machine Learning   Inteligência Artificial						
Manufatura Aditiva						
Realidade aumentada / virtual						
Robôs colaborativos						
Veículos autônomos						

**Q16. Indique quais os recursos (e em que grau de profundidade) são usados na sua empresa atual.**

	Não implementado	Em estudo preliminar	Implementação em andamento	Já implementado, em uso	Já implementado, mas abandonado
Big Data e Analytics					
Cloud Computing					
Cybersecurity					
IoT (Internet das Coisas)					
Machine Learning   Inteligência Artificial					
Manufatura Aditiva					
Realidade aumentada / virtual					
Robôs colaborativos					

Veículos autónomos					
--------------------	--	--	--	--	--

**Q17. Quais os desafios/limitações à implementação dos recursos I4.0 e o seu impacto:**

	Sem impacto	Muito pouco impacto	Pouco Impacto	Médio Impacto	Alto impacto
Alto investimento em hardware/software					
Ausência / pouca oferta de provedores de recursos tecnológicos					
Baixo comprometimento de parceiros na cadeia de abastecimento					
Colaboração do departamento de recursos humanos					
Comprometimento da gestão de topo					
Cultura organizacional					
Falta de conhecimento sobre os benefícios					
Falta de maturidade/confiabilidade da tecnologia					
Investimento em mão-de-obra qualificada					
Investimento no desenvolvimento de competências					

**Q18. Quais dos recursos de sistemas de informação são usados pela sua empresa?**

<b>ERP</b> Enterprise Resources Planning (SAP, Oracle, Dynamics, etc.)	
<b>CRM</b> Customer Relationship Management (SalesForce, Monday, Pipedrive, Dubsado, etc.)	
<b>MES</b> Manufacturing Execution System (Arentia, Plex, ShopFloor, Critical, Oracle, SAP, etc.)	
<b>APS</b> Advanced Production Scheduling (Chronos, Dime, Frepple, Opstech, MYOB, Mapex etc.)	
<b>PLM</b> Product Lifecycle Management	
<b>WMS</b> Warehouse Management System	
<b>BI</b> Business Intelligence (SAP BW/BI, Tableau, MS Power BI, Oracle BI, IBM Cognos, etc.)	
<b>CAD/CAM</b> – Computer Aided Design / Manufacturing (AutoCAD, Solidworks, DraftSight, SketchUp, Onshape, etc.)	

## Anexo VI - Informações sobre Lean 4.0

---

**Q19. Avalie o impacto dos novos recursos tecnológicos sobre a metodologia Lean. Caso não aplique o recurso ou desconheça seus impactos, pode selecionar N/A.**

	N/A	Impacto muito negativo	Impacto negativo	Sem impacto	Impacto positivo	Impacto muito positivo
Big Data e Analytics						
Cloud Computing						
Cybersecurity						
IoT (Internet das Coisas)						
Machine Learning   Inteligência Artificial						
Manufatura Aditiva						
Realidade aumentada / virtual						
Robôs colaborativos						
Veículos autônomos						

**Q20. Indique em que medida o sucesso dos recursos I4.0 são (ou foram) suportados por implementação prévia do pensamento Lean (isto é, Lean como facilitador da digitalização).**

- ( ) Impacto muito negativo
  - ( ) Impacto negativo
  - ( ) Sem impacto
  - ( ) Impacto positivo
  - ( ) Impacto muito positivo
-