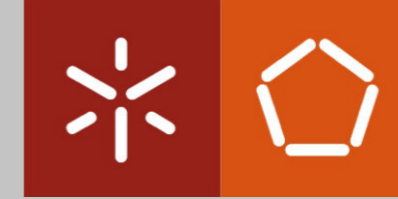




Avaliação de um modelo para a relação entre lean manufacturing,
indústria 4.0 e a sustentabilidade das empresas

Adriana Freires de Araújo

Uminho 2022

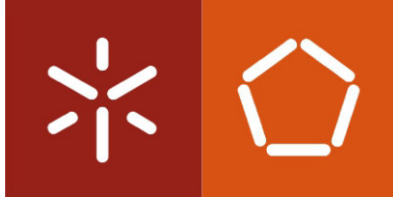


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Adriana Freires de Araújo

**Avaliação de um modelo para a relação
entre lean manufacturing, indústria 4.0
e a sustentabilidade das empresas**

abril de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Adriana Freires de Araújo

**Avaliação de um modelo para a relação
entre lean manufacturing, indústria 4.0
e a sustentabilidade das empresas**

Tese de Doutoramento
Programa Doutoral em Engenharia Industrial e de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação da
Doutora Leonilde Varela
e do
Doutor Paulo Ávila

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do Repositório da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer¹ à minha orientadora Prof^ª. Dra. Leonilde Varela, por todo o suporte prestado na realização deste trabalho, sem ela e sua equipa esta tese não teria sido possível. Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Ávila, pelo seu apoio e pela sua amizade demonstrada desde o primeiro momento em que nos conhecemos. Agradeço também, de coração, ao Prof. Dr. Goran Putnik, por todo o suporte prestado na realização deste trabalho.

Como qualquer pesquisa que resulte numa tese, apesar de em última análise ser um trabalho muitas vezes solitário, há muitas pessoas e instituições que influenciaram, incentivaram e colaboraram com ideias e propostas para que este trabalho fosse concretizado.

Aqui expresso o meu reconhecido agradecimento:

Aos especialistas envolvidos na análise qualitativa e triangulação de fontes e em especial ao Prof. Dr. Hélio Castro Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e aos demais colegas pelos seus contributos para a análise qualitativa e disponibilidade para dar apoio na realização deste trabalho.

- A um conjunto alargado de académicos e colegas com quem tive a oportunidade de interagir nos diversos seminários, fóruns e conferências nacionais e internacionais em que participei e que partilharam comigo conhecimento e experiências relevantes.

- Um especial agradecimento ao Walter Tengler pela dedicação, amor e força que fortaleceram o meu sonho e objetivo de concretização deste projeto e a todo o meu suporte familiar no Brasil, neste período de isolamento e distância, nomeadamente a Gutenbergue, Rosângela e D. Leda, pelo apoio dado ao meu filho, o grande amor da minha vida, o Nicolás, a quem dedico este trabalho.

Dedico ainda esta tese a todos mencionados, por toda a compreensão e mesmo aqueles que não tenham entendido, logo à partida, este meu grande objetivo e que a distância veio complicar ainda mais, mas de quem tanto necessitei para aqui chegar, através de muitos sacrifícios, que todos fizeram para que este trabalho se tornasse realidade.

A todos, muito sinceramente, obrigada!

¹ Ao meu Onipotente “Deus”, por nos terdes concedido a benevolência da fé, ferramenta cogente diante das situações custosas.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho acadêmico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

AVALIAÇÃO DE UM MODELO PARA A RELAÇÃO ENTRE LEAN MANUFACTURING, INDÚSTRIA 4.0 E A SUSTENTABILIDADE DAS EMPRESAS

RESUMO

Nos últimos anos as organizações mundiais têm dado provas da sua capacidade de ultrapassar as restrições que as conjunturas internacionais e globalizadas trazem, com vista a reforçar a competitividade, apostando numa gestão eficaz e eficiente, na inovação e nas dimensões da sustentabilidade. Atualmente, o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0, são duas filosofias produtivas que têm preocupado os agentes produtivos e a sociedade em geral, quanto ao seu impacto nas três dimensões da sustentabilidade.

Neste trabalho, após uma revisão da literatura, foi identificado que as relações expostas não são bem conhecidas e que aparecem dispersas por vários critérios de sustentabilidade consoante os autores que as abordam nos seus trabalhos. Face a esta lacuna de conhecimento, definiu-se como objetivo desta tese o estudo destas relações de forma quantificada. Foi então construído um modelo de equações estruturais, com seis hipóteses, para se medir quantitativamente a relação entre o de *LM* e a I4.0 na Sustentabilidade. Para validar estatisticamente tais hipóteses, foram recolhidas 252 respostas completas em empresas industriais da Península Ibérica (Portugal e Espanha). Os resultados obtidos mostraram que: (1) não se consegue obter evidência de que a filosofia *LM* está correlacionada com qualquer das três dimensões da Sustentabilidade; e (2) a I4.0 mostra uma forte correlação com as três dimensões da Sustentabilidade.

Os resultados alcançados são um contributo para o conhecimento porque podem contribuir para melhorar o suporte decisório nas empresas industriais e nos seus *stakeholders* aquando do planeamento das suas estratégias e investimentos produtivos, até porque nem todos os resultados aos quais se chegou com este trabalho, estão alinhados com muitas opiniões e com outros estudos.

Palavras-Chave: Indústria 4.0, *Lean Manufacturing*, Sustentabilidade, e Modelagem de Equações Estruturais.

EVALUATION OF A MODEL FOR THE RELATIONS BETWEEN LEAN MANUFACTURING, INDUSTRY 4.0 AND ENTERPRISES' SUSTAINABILITY

ABSTRACT

In recent years, global organisations have demonstrated their ability to overcome the restrictions brought about by international and globalised conjunctures, with a view to strengthening competitiveness by investing in effective and efficient management, innovation and sustainability. Currently, Lean Manufacturing and Industry 4.0 are two productive philosophies that have worried productive agents and society in general, regarding their impact on the three pillars of sustainability.

In this work, after a literature review, it was identified that the relationships exposed are not well known and that they appear dispersed by various sustainability criteria depending on the authors that address them in their works. In view of this knowledge gap, the objective of this thesis was to study these relationships in a quantified manner. A structural equation model was then built, with six hypotheses, to quantitatively measure the relationship between LM and Industry 4.0 in Sustainability. To statistically validate such hypotheses, 252 complete responses were collected in industrial companies in the Iberian Peninsula (Portugal and Spain). The results obtained showed that: (1) no evidence can be obtained that LM philosophy is correlated with any of the three dimensions of Sustainability; and (2) Industry 4.0 shows a strong correlation with the three dimensions of Sustainability.

The results achieved are a contribution to knowledge because they can contribute to improve the decision support in industrial companies and their stakeholders when planning their strategies and productive investments, even because not all the results that were reached with this work, are aligned with many opinions and with other studies.

Keywords: Industry 4.0, Lean Manufacturing, Sustainability and Structural Equation Modeling.

ÍNDICE

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE	iv
RESUMO	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação e enquadramento da problemática.....	1
1.2. Objetivos do estudo	2
1.3. Metodologia do estudo	3
1.4. Relevância do tema	4
1.5. Estrutura do relatório.....	7
2. ESTADO DA ARTE.....	9
2.1. Sustentabilidade	9
2.2. Lean Manufacturing	12
2.2.1 <i>Lean Manufacturing na dimensão económica</i>	14
2.2.2 <i>Lean Manufacturing na dimensão ambiental</i>	15
2.2.3 <i>LM na dimensão social</i>	16
2.3. Indústria 4.0.....	17
2.3.1 <i>I4.0 na dimensão económica</i>	19
2.3.2 <i>Indústria 4.0 na dimensão ambiental</i>	20
2.3.3 <i>Indústria 4.0 na dimensão social</i>	21
3. MODELO DE AVALIAÇÃO.....	23
3.1. Hipóteses de investigação	23
3.2. Definições dos construtos e variáveis manifestas	36

3.2.1 Fatores contextuais para o construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X1)	36
3.2.2 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X2)	39
3.2.3 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X3)	39
3.2.4 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X4)	40
3.2.5 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X5)	41
3.2.6 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X6)	42
3.2.7 Fatores contextuais para construto endógeno (η_1) e as variáveis manifestas (Y1), (Y2) e (Y3).....	43
3.2.8 Fatores contextuais para construto endógeno (η_2) e as variáveis manifestas (Y4), (Y5) e (Y6).....	43
3.2.9 Fatores contextuais para construto endógeno (η_3) e as variáveis manifestas (Y7), (Y8) e (Y9).....	44
3.2.10 Resumo dos construtos e das variáveis manifestas	44
3.3. Metodologia de equações estruturais para análise do modelo	45
3.3.1 SPSS AMOS.....	48
3.3.2. Tipos de variáveis em SEM	48
3.3.3. Modelo de Equações Estruturais	50
3.3.4 Índice de Ajuste do Modelo	50
3.3.5 Representação gráfica.....	52
3.4. O questionário e a amostra	52
3.4.1 Elaboração e validação do questionário	53
3.4.2 Conceção e configuração do questionário online.....	59
3.4.3 Administração e aplicação do questionário.....	60
4. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS	62
4.1. Sobre a amostra	62
4.2. Características das Empresas Participantes e Respondentes.....	64
4.3. Análise Descritiva das Perguntas do Inquérito	70
4.4. Análise Descritiva das Variáveis Manifestas do LM e da I4.0 no desenvolvimento das empresas	85

4.5. Análise Descritiva das Variáveis Manifestas das três dimensões da sustentabilidade no desenvolvimento das empresas	91
5. VALIDAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	98
5.1. Validação do instrumento de pesquisa	98
5.2. Metodologia de validação do instrumento de pesquisa.....	99
5.2.1 <i>Teste de significância à função de discrepância</i>	100
5.2.2 <i>Índices de qualidade de ajustamento</i>	100
5.2.3 <i>Análise de resultados, significância de parâmetros e fiabilidade individual</i>	104
5.3. Análise e Avaliação das Correlações	105
5.3.1 <i>Representação LM e suas correlações</i>	105
5.3.2 <i>Representação I4.0 e suas correlações</i>	108
5.3.3. Resultados da avaliação ao instrumento de pesquisa	109
5.3.4 <i>Análise e avaliação das correlações e frequências das variáveis manifestas</i>	110
5.4. Análise e Validação do Modelo de Medida	111
5.5. Análise e Validação do Modelo Estrutural	114
5.6. Estimação do modelo nas equações estruturais.....	116
5.7. Validação das hipóteses do modelo desenvolvido	117
6. CONCLUSÃO E INVESTIGAÇÃO FUTURA	121
6.1. Discussão dos resultados	121
6.1.1. <i>Discussão dos resultados com base na análise descritiva das medidas</i>	121
6.1.2. <i>Discussão dos resultados com base nos testes das hipóteses de investigação do modelo conceitual</i>	122
6.2. Futuras linhas de investigação.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. As fases da gestão sustentável corporativa.	5
Figura 2. Números de publicações online b-on.	5
Figura 3. Gestão Operacional de Empresas Clássicas.	12
Figura 4. Os pilares do TPS.	14
Figura 5. Evolução da história industrial.	18
Figura 6. Modelo geral da investigação.	24
Figura 7. Modelo produção puxada readaptada a I4.0.	38
Figura 8. Etapas da Modelagem de Equações Estruturais.	46
Figura 9. Representação gráfica para um modelo de equações estruturais.	52
Figura 10. Fases de elaboração do instrumento de pesquisa.	61
Figura 11. Dimensão da amostra de tempo de atividade.	65
Figura 12. Dimensão da amostra natureza da organização.	66
Figura 13. Percentual da atividade económica na península ibérica.	67
Figura 14. Dimensão da amostra de função na organização.	68
Figura 15. Dimensão da amostra de escolaridade.	68
Figura 16. Dimensão da amostra de n° de colaboradores.	69
Figura 17. Dimensão da amostra de idade dos respondentes.	70
Figura 18. Análise de frequências lean ξ_1 para variável manifesta X1.	71
Figura 19. Análise de frequências lean ξ_1 para a variável manifesta X2.	72
Figura 20. Análise de frequências lean ξ_1 para variável manifesta X3.	73
Figura 21. Análise de frequências I4.0 ξ_2 para variável manifesta X4.	74
Figura 22. Análise de frequências I4.0 ξ_2 para variável manifesta X5.	75
Figura 23. Análise de frequências I4.0 ξ_2 para variável manifesta X6.	76
Figura 24. Análise de frequências sustentabilidade (η_1) para lucro (Y1).	77

Figura 25. Análise de frequências sustentabilidade (η_1) para volume de faturação (Y2).	78
Figura 26. Análise de frequências sustentabilidade (η_1) para quota de mercado (Y3).....	79
Figura 27. Análise de frequências sustentabilidade (η_2) para consumo de energia (Y4)	80
Figura 28. Análise de frequências sustentabilidade (η_2) para economia circular (Y5).	81
Figura 29. Análise de frequências sustentabilidade (η_2) para práticas ambientais com parceiros (Y6).	82
Figura 30. Análise de frequências sustentabilidade (η_3) para remuneração salarial (Y7).....	83
Figura 31. Análise de frequências sustentabilidade (η_3) para condições de trabalho (Y8). ...	84
Figura 32. Análise de frequências sustentabilidade (η_3) para sociedade envolvente (Y9).....	85
Figura 33. Gráfico de barras para a variável manifesta X1 do Construto Lean ξ 1.	86
Figura 34. Gráfico de barras para a variável manifesta X2 do Construto Lean ξ 1.	87
Figura 35. Gráfico de barras da variável manifesta X3 do Construto Lean ξ 1.	88
Figura 36. Gráfico de barras para a variável manifesta X4 do Construto I4.0 ξ_2	89
Figura 37. Gráfico de barras da variável manifesta X5 do Construto I4.0 ξ_2	90
Figura 38. Gráfico de barras da variável manifesta X6 do Construto I4.0 ξ_2	90
Figura 39. Gráfico de barras para a variável manifesta Y1.....	92
Figura 40. Gráfico de barras para a variável manifesta Y2.....	92
Figura 41. Gráfico de barras para a variável manifesta Y3.....	93
Figura 42. Gráfico de barras para a variável manifesta Y4.....	94
Figura 43. Gráfico de Barras para a Variável Manifesta Y5.....	94
Figura 44. Gráfico de barras para a variável manifesta Y6.....	95
Figura 45. Gráfico de barras para a variável manifesta Y7.....	96
Figura 46. Gráfico de barras para a variável manifesta Y8.....	97
Figura 47. Gráfico de barras para a variável manifesta Y9.....	97
Figura 48. Resultados correlações entre fatores.....	109
Figura 49. Acrónimos dos Construtos exógenos e endógenos.....	112

Figura 50. Modelo de Medição para todos os Construtos.....	113
Figura 51. Modelo estrutural.....	114

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Combinações de palavras-chave.	6
Tabela 2. LM na dimensão económica.....	15
Tabela 3. LM na dimensão ambiental.	16
Tabela 4. LM na dimensão social.....	17
Tabela 5. I4.0 na dimensão económica.	20
Tabela 6. I4.0 na dimensão ambiental.....	20
Tabela 7. I4.0 na dimensão social.	21
Tabela 8. Modelo explicativo dos construtos exógenos.....	44
Tabela 9. Modelo explicativo dos construtos endógenos.....	45
Tabela 10- Expressão formal SEM.	49
Tabela 11. Parâmetros definidos para a parte 1 do inquérito.	55
Tabela 12. Parâmetros definidos para a parte 2 do inquérito.	56
Tabela 13. Parâmetros definidos para a parte 3.1 do inquérito.	57
Tabela 14. Parâmetros definidos para a parte 3.2 do inquérito.	57
Tabela 15. Parâmetros definidos para a parte 3.3 do inquérito.	58
Tabela 16. Parâmetros definidos para a informação geral.	58
Tabela 17. Elementos obtidos da implementação do instrumento.	63
Tabela 18. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas X1, X2 e X3.	86
Tabela 19. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas X4, X5 e X6.	89
Tabela 20. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas Y1, Y2 e Y3.	91
Tabela 21. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas Y4, Y5 e Y6.	93

Tabela 22. Resultados da média, erro e desvio padrão para as variáveis manifestas Y7, Y8 e Y9.	95
Tabela 23. Índices, medidas de ajuste e referenciadas.	99
Tabela 24. Índices absolutos	100
Tabela 25. Índices relativos.....	101
Tabela 26. Índices ajustados pela parcimônia.	101
Tabela 27. Índices ajustados pela parcimônia NCP.	101
Tabela 28. Função de discrepância mínima FMIN.	102
Tabela 29. Expected cross - validation index ECVI.	102
Tabela 30. Hoelter	102
Tabela 31. Root mean square error of approximatío (RMSEA).	103
Tabela 32. Akaike information criterion (AIC).	103
Tabela 33. Índices de qualidade de ajustamento com respetivos e maior frequência.	103
Tabela 34. Legenda das correlações dos indicadores em lean.	106
Tabela 35. Legenda das Correlações dos Indicadores em I4.0.	106
Tabela 36. Legenda das correlações dos indicadores Lean na dimensão económica.	107
Tabela 37. Legenda das correlações dos indicadores Lean e Dimensão Ambiental.	107
Tabela 38. Legenda das correlações dos indicadores em Lean e dimensão social.	107
Tabela 39. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Económica.	108
Tabela 40. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Ambiental.....	108
Tabela 41. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Social.	109
Tabela 42. Resumo das correlações do valor estimado e desvio-padrão.	110
Tabela 43. Ajuste de medidas obtido por critério de ajuste para o MM.	114
Tabela 44. Validação de ajuste do SM.	115
Tabela 45. Estimativas do SM e quadro sintetizado das hipóteses.	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFC	Análise Fatorial Confirmatória
CCs	<i>Carbon Capture and Storage</i>
CQZD	Controlo de Qualidade Zero Defeitos
CPPS	Produção Cibernética-física
GD	Gestão de Desenvolvimento
GFI	<i>GFI Goodness of Fit Index</i>
I4.0	I4.0
[I]IoT	<i>[Industrial] Internet of Things</i>
ISMS	<i>Information System Management Security</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LM	<i>LM</i>
MM	Modelo de Mensuração
PDCA	<i>Plan–Do–Check–Act</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
PGFI	<i>Parsimony Goodness-of-Fit Index</i>
RMSEA	<i>Root Mean Square Error of Approximation</i>
SM	<i>Structural Model</i>
SEM	<i>Structural Equation Modeling</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VaB	Valor acrescentado Bruto
ZQC	<i>Zero Quality Control</i>

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório faz-se uma apresentação do tema da tese, com a apresentação da principal motivação para a realização deste trabalho, dos objetivos a atingir e das hipóteses exploradas, de modo a ir de encontro às principais premissas subjacentes a esta investigação. Seguidamente faz-se um breve enquadramento geral do tema da tese de doutoramento, bem como uma síntese das hipóteses em estudo e do modelo teórico proposto. De seguida, são expostos resumidamente o estado da arte e os principais métodos usados na validação empírica da tese. Finalmente, é discutida a contribuição da tese e apresentada a organização deste relatório.

1.1. Motivação e enquadramento da problemática

As principais razões e motivações para o desenvolvimento deste estudo estão relacionadas com:

- (1) A inexistência de estudos que permitam uma análise comparativa da relação entre a filosofia de produção *Lean Manufacturing (LM)*, a Indústria 4.0 (I4.0) e as três principais dimensões da Sustentabilidade (económica, ambiental e social); nomeadamente, usando alguma técnica de modelação e subsequente análise mais formal, por exemplo, baseada em equações estruturais, com o objetivo de
- (2) Um conhecimento de como essas correlações potenciais podem influenciar decisões importantes para as empresas industriais e seus parceiros de negócio ou *stakeholders*.

De fato o tópico deste trabalho diz respeito a todas as partes da sociedade minimamente afetadas pelos resultados do *LM* e, mais recentemente pela I4.0, estando até então a relação entre estes conceitos sujeitos a um elevado grau de incerteza e imprecisão, ao mesmo tempo que algumas preocupações estão surgindo de diferentes nichos da sociedade, nomeadamente relacionadas com questões de empregabilidade, entre outras.

Por outro lado, face à vulnerabilidade das empresas, sujeitas a uma elevada competitividade dos mercados globais, estas têm sido obrigadas a optar por estratégias de negócios que consistem em aumentar o valor entregue ao cliente, levando o mercado a competir em fatores como o tempo de entregar produtos, relações entre preço e custo, qualidade do produto ou serviço, flexibilidade e nível de serviço prestado (Bhatnagar, 2009).

Nos últimos anos, mais pesquisas e profissionais têm reconhecido as vantagens associadas à compreensão dos fatores chave do *LM* e da sua relação com a I4.0, embora ainda não tenham sido abordados de forma profunda, nomeadamente em termos de relacionamento com as três principais dimensões da sustentabilidade, por forma a permitir às empresas um bom desenvolvimento, conforme é preconizado em (Lima, 2018).

Nesta tese, visa-se efetuar um estudo que tem como objetivo uma pesquisa exploratória dos conceitos expostos, por forma a permitir uma melhor compreensão acerca de um conjunto de hipóteses acerca de *LM*, I4.0 e Sustentabilidade. Tal objetivo é preconizado através do desenvolvimento de um modelo que permita especificar as principais relações estabelecidas entre estes conceitos (*LM* e I4.0), no âmbito da Sustentabilidade e que é explorado num contexto de Pequenas e Médias Empresas (PMEs) industriais da Península Ibérica. Pretende-se com este trabalho contribuir significativamente para a compreensão académica da relação entre os conceitos expostos e contribuir para um melhor conhecimento acerca desta temática, que permita promover melhorias no desempenho das empresas e da sociedade em geral.

1.2. Objetivos do estudo

Atualmente *LM*, I4.0 e Sustentabilidade são filosofias que suscitam interesse para as empresas e as possíveis relações entre elas implicam novos desafios para a sociedade. Os contextos e as relações destas filosofias nas dimensões económica, ambiental e social para o desenvolvimento empresarial revelarão um estudo de cariz inovador, nomeadamente para empresas situadas na Península Ibérica, o que conduziu ao estabelecimento, como principal objetivo deste trabalho, o desenvolvimento de um modelo que permita:

- Avaliar a relação entre *LM* e as dimensões da sustentabilidade, e a relação entre I4.0 e as dimensões da sustentabilidade e o correspondente impacto no desenvolvimento das empresas.

Por sua vez, estas filosofias *LM* e I4.0, influenciarão as organizações face às três dimensões da sustentabilidade obtendo-se então as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 (H1). A perceção das empresas industriais sobre a sustentabilidade económica está positivamente relacionada com *LM*.

Hipótese 2 (H2). A perceção das empresas industriais sobre a sustentabilidade ambiental está positivamente relacionada com *LM*.

Hipótese 3 (H3). A perceção das empresas industriais sobre a sustentabilidade social está positivamente relacionada com *LM*.

Hipótese 4 (H4). A percepção das empresas industriais sobre a sustentabilidade económica está positivamente relacionada com a I4.0.

Hipótese 5 (H5). A percepção das empresas industriais sobre a sustentabilidade ambiental está positivamente relacionada com a I4.0.

Hipótese 6 (H6). A percepção das empresas industriais sobre sustentabilidade social está positivamente relacionada com a I4.0.

Para atingir o objetivo deste trabalho, irá começar-se por caracterizar e conhecer as principais contribuições científicas existentes sobre os conceitos base inerentes a este estudo (*LM*, I4.0 e Sustentabilidade). Nomeadamente, numa primeira instância, por forma a analisar relações entre a filosofias *LM* e as três dimensões da sustentabilidade e, subsequentemente, também entre I4.0 e as três dimensões da sustentabilidade. Depois será construído um modelo estatístico para estudar o problema e, subsequentemente feita a avaliação do mesmo.

1.3. Metodologia do estudo

A metodologia, para demonstração e validação das hipóteses, será baseada num estudo empírico com aplicação de um instrumento de recolha de dados e de um método para lidar diretamente com múltiplas relações simultâneas de dependência e independência entre as variáveis, fornecendo uma transição da análise exploratória para a confirmatória, permitindo também a utilização de variáveis que não podem ser medidas diretamente e que são os chamados construtos latentes.

Foi desenvolvido um inquérito e validado por especialistas, subsequentemente, foi colocado à disposição de uma comunidade industrial alargada na Península Ibérica, por empresas de Portugal e Espanha, tendo sido possível obter 80% de respostas validadas, num total de 306 respostas.

Numa fase seguinte foram usadas abordagens de estatística descritiva para caracterizar a população e a amostra, no que concerne ao comportamento e percepção das empresas relativamente ao *LM*, I4.0 e sustentabilidade. Para efetuar as análises e validações dos dados recolhidos foi usada Análise Fatorial Confirmatória usando o software AMOS (versão 24).

Assim, validaram-se, empiricamente, as medidas propostas para a identificação dos construtos ou variáveis latentes causais do comportamento das percepções ‘*LM*, I4.0 e Sustentabilidade’. Este processo para além de atestar a fiabilidade e validade dos construtos, também permitiu converter os sub-construtos num indicador que será utilizado nas análises das relações no modelo teórico proposto.

A análise do modelo foi efetuada através da modelagem de equações estruturais para confirmar a estrutura de relações causais teorizadas pelos resultados da análise fatorial confirmatória. Assim, avaliaram-se os dados em termos de valores extremos, normalidade e dimensão da amostra, seguindo-se a estimação do modelo de equações estruturais, com a especificação e estimação do modelo de medida e do modelo estrutural.

1.4. Relevância do tema

Atualmente, com os avanços tecnológicos e uma especial ênfase na digitalização na era da Indústria I4.0, grande preocupação se tem vindo a demonstrar com o seu impacto no desenvolvimento das empresas cada vez mais responsável e consciente no que se refere à existência de um compromisso com a sustentabilidade, aos níveis ambiental, económico e social (Muga & Mihelcic, 2008). A par com o crescimento desta visão sustentável, cresce então também um estímulo no sentido do desenvolvimento de novas ferramentas, com base em indicadores para a sua avaliação (Leoneti et al., 2016) que focam em requisitos e visões relativas a estas dimensões da sustentabilidade, relativamente às várias formas de gestão alternativas, baseadas em diferentes métodos de produção e de gestão, nomeadamente através da filosofia *LM* e das premissas e tecnologias subjacentes à I4.0.

Segundo os autores Martínez-Jurado e Moyano- Fuentes (2014) é também realçada a importância da sustentabilidade, que alertam para a forma responsável como as tarefas devem ser realizadas, por forma a se conseguirem resultados socialmente sustentáveis. Adicionalmente, em (Baumgartner, 2014) também é apresentada uma visão sobre a importância de uma sustentabilidade organizacional e sistemática nas empresas, Figura 1, por forma a mitigar impactos económicos, ambientais e sociais e, desta forma, se contribuir para o desenvolvimento sustentável nas empresas.



Figura 1. As fases da gestão sustentável corporativa. (adaptado de Baumgartner, 2014).

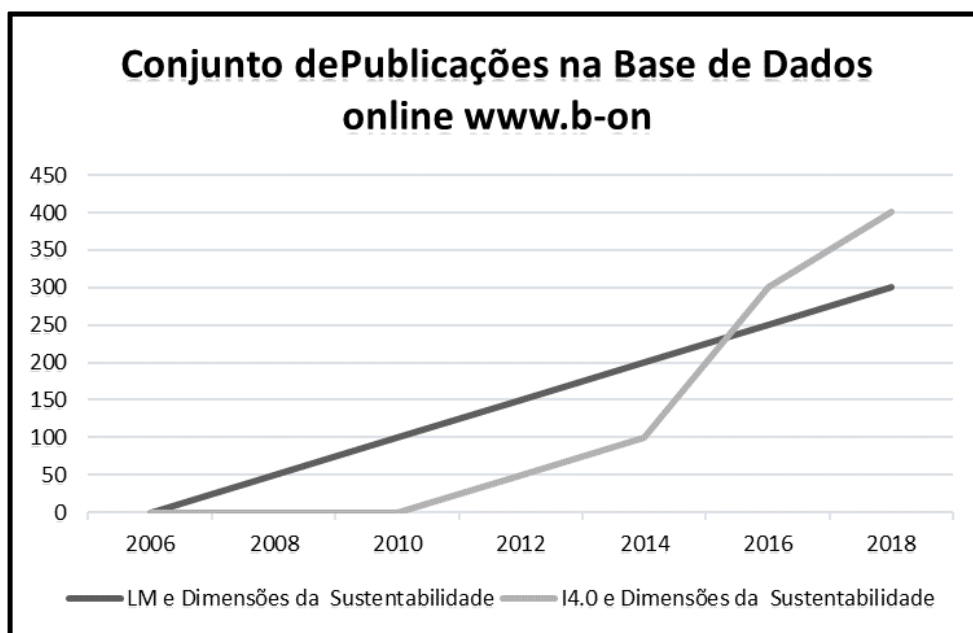


Figura 2. Números de publicações online b-on.

O objetivo central deste projeto de tese de doutoramento consiste então na análise da evolução do uso dos conceitos de LM e de I4.0, mais concretamente, através do seu relacionamento com o conceito de sustentabilidade e, nesse sentido, começa-se por apresentar, em termos de informação geral, o número de artigos encontrados acerca destas temáticas,

portanto, acerca de artigos encontrados no período de 2006 a 2018 sobre trabalhos que focam, por um lado, aspectos de *LM* juntamente com aspectos de sustentabilidade e, por outro, trabalhos que focam aspectos de I4.0 com aspectos de sustentabilidade, como se apresenta, resumidamente, através da Figura 2. Números de publicações online b-on.

Este conjunto relativamente alargado de publicações foi obtido através das combinações de um conjunto de palavras-chave selecionadas para realizar a pesquisa, em inglês, cujo conjunto principal se apresenta na Tabela 1, embora também se tenham considerado outras combinações de palavras-chave proximamente relacionadas com as apresentadas ou consideradas sinónimos.

O procedimento de pesquisa dos artigos consistiu, numa primeira fase, na seleção dos artigos com base numa leitura e análise cuidada dos correspondentes títulos, palavras-chave e resumos dos artigos. Numa segunda fase, após a aplicação de um conjunto de filtros, nomeadamente relativamente à imposição de publicações revistas pelos pares, com texto completo e redigidos em língua inglesa, foi obtido um subconjunto de publicações, que, subsequentemente, foi novamente analisado cuidadosamente para verificar quais os que se focavam no tema desta tese.

Tabela 1. Combinações de palavras-chave.

Industry 4.0	AND	Sustainability	OR	Economic
Industry 4.0	AND	Sustainability	OR	Environment
Industry 4.0	AND	Sustainability	OR	Social
Lean	AND	Sustainability	OR	Economic
Lean	AND	Sustainability	OR	Environment
Lean	AND	Sustainability	OR	Social
Industry 4.0	AND	Lean	OR	Sustainability
Lean	AND	Industry 4.0	OR	Technology
Lean	AND	Industry 4.0	OR	Sustainability

No capítulo 2 será apresentada a análise mais detalhada que foi efetuada aos artigos considerados mais relevantes para este trabalho, com maior ênfase na identificação de dados relevantes para a elaboração dos construtos e consequente derivação das variáveis manifestas do modelo, conforme se descreverá detalhadamente no capítulo 3. Contudo, a síntese dessa revisão bibliográfica realizada permitiu registar as seguintes observações:

- **A primeira observação** é que nenhum dos trabalhos efetuou uma análise suficientemente abrangente que permitisse cobrir todas as características o / critérios considerados relevantes

para analisar os conceitos subjacentes a este trabalho, conforme se irá analisar mais adiante de forma detalhada;

- **A segunda observação** é que nenhum dos trabalhos analisados tratou o tema desta tese através de recurso a uma análise mais formal ou estatística, nomeadamente recorrendo a testes de hipóteses com a correspondente análise de significância da modelação efetuada, por exemplo por equações estruturais ou outras abordagens estatísticas afins;

- **A terceira observação** é que as características/critérios de influência não são considerados de forma homogênea, havendo alguns que são mais abordados do que outros.

Perante as constatações ou evidências apresentadas, considera-se então que o presente trabalho é inovador e se torna premente a sua realização para promover a melhoria do conhecimento na área desta tese de doutoramento.

1.5. Estrutura do relatório

Esta tese encontra-se organizada em seis capítulos. No primeiro capítulo a introdução faz uma contextualização geral deste trabalho de tese, apresentando as premissas gerais de base deste estudo, bem como os objetivos gerais e um breve enquadramento para as principais hipóteses de investigação.

O capítulo dois, do estado da arte, descreve, sumariamente, a principal revisão da literatura realizada neste trabalho com o intuito de suportar o conhecimento de base subjacente a este trabalho e de modo a suportar o modelo proposto.

O capítulo três versa sobre a Metodologia de Estudo, em que inicialmente se faz uma apresentação detalhada dos objetivos e das questões principais subjacentes às hipóteses de investigação e, em seguida, a metodologia que permitiu recolher e analisar as informações para dar respostas aos objetivos propostos.

O capítulo quatro trata da Análise Exploratória dos Dados e tem como objetivo realizar a análise da amostra e do inquérito nos respetivos fatores contextuais e de relação com o desenvolvimento das empresas da Península Ibérica.

O capítulo cinco apresenta a Validação do Instrumento de Pesquisa para Análise de Equações Estruturais e tem como objetivo a validação dos construtos utilizados no modelo estrutural proposto.

O capítulo seis centra-se na Discussão dos Resultados e numa análise à Investigação Futura. Neste capítulo analisa-se a relação de cada uma das abordagens e ferramentas principais do estudo subjacentes às relações entre *LM* e os três pilares principais da Sustentabilidade e

também associadas ao atual conceito da I4.0 e ao seu relacionamento com os três pilares da Sustentabilidade e, por fim a relação entre *LM* e a I4.0.

Por último são ainda incluídas as secções de referências bibliográficas e um conjunto de anexos subjacentes à realização deste trabalho, nomeadamente referente aos inquéritos realizados.

2. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo serão abordados, inicialmente, os conceitos de *LM*, I4.0 e as três dimensões da Sustentabilidade (económica, ambiental e social), sendo estes os construtos e as variáveis para as hipóteses subjacentes a este trabalho. Posteriormente, serão revistos os principais trabalhos da literatura que relacionam os conceitos das duas filosofias produtivas com as três dimensões da sustentabilidade: económica, ambiental e social.

2.1. Sustentabilidade

O conceito geral de sustentabilidade tem recebido crescente atenção global do setor público, meio académico e empresarial, pois o desenvolvimento conforme WCED (2013) deve atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras e de permitir satisfazer as necessidades específicas de cada intervenção ou trabalho, conforme referido também em (Kagermann, et al., 2013a) e também em (Putnik e Ávila, 2016) na sua edição especial sobre governança e sustentabilidade. Em (Nidumolu, et al., 2009), os autores explicam porque é que a sustentabilidade é hoje o principal motor da inovação, assim como, complementado também por um outro estudo em que se realçam as iniciativas à sustentabilidade e que frequentemente se ignoram as interdependências entre as dimensões da sustentabilidade (Almeida, et al., 2015).

Apesar de todos conhecerem as três dimensões da sustentabilidade é, por vezes, bastante difícil escolher os critérios, considerados fundamentais, para caracterizar e avaliar o grau de sustentabilidade das organizações. Por este motivo, os subcapítulos seguintes focam-se nestes aspetos, por forma a enquadrar e suportar devidamente as definições subjacentes às hipóteses e às variáveis usadas neste trabalho. Sendo assim, a importância crescente do tema da sustentabilidade tem vindo a ser notória, tanto por parte das empresas, nomeadamente por questões económicas, mas também por preocupações ambientais e sociais, na medida em que se têm vindo a defender, com mais veemência, por forma a se conseguir atingir um sucesso verdadeiramente sustentável e sólido, a par do crescente uso de novas tecnologias e padronização e digitalizações no trabalho.

Por forma a conseguir-se então a tão desejada harmonia e equilíbrio geral, em termos de sustentabilidade e conforme referido em (Freeman, 1984), é preciso também dar uma especial atenção a aspetos que visem uma efetiva sustentabilidade, em todas as suas dimensões, sem descorar nenhuma.

Um exemplo destas preocupações está latente nas conferências de Estocolmo sobre o Meio Ambiente, que foi, desde logo, realizada pela primeira vez em 1972 e contou com uma ampla participação de 113 países, na perspectiva de ajudar a moldar os princípios de um desenvolvimento sustentável e que seriam depois elaborados na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, assim tentando encontrar um equilíbrio entre proteção ambiental e desenvolvimento (WCED, 2013).

Em várias partes do mundo vem crescendo o uso do conceito que foi elaborado por académicos canadenses, conhecido como *ecological footprint*, para avaliar a capacidade ecológica necessária ao equilíbrio em termos de consumo de produtos e de modo a permitir acomodar estilos de vida sustentáveis, que se calculam somando fluxos de material e energia requeridos para sustentar qualquer economia ou segmento da economia.

Tais fluxos são então convertidos em medidas padrão, nomeadamente da produção, por forma a impor níveis de exigência e limites nas regiões, em termos de terra e água, sendo que a pegada ecológica é a superfície total da terra necessária para sustentar determinada atividade ou um produto (Wackernagel e Rees, 1995).

No atual contexto exigente, de negócios diversos e ambiciosos, existe uma tendência que permitir as dimensões da sustentabilidade serem usadas nas estratégias e nos gerenciamentos das empresas um pouco ao critério de cada empresa ou organização. Pois, embora o conceito de sustentabilidade económica, ambiental e social não sejam novos, muitas organizações ainda não sabem ou não estão na disposição de se preocupar com a forma mais adequada de implementar medidas de sustentabilidade e/ou de medir os impactos dos seus resultados.

Porém, há de facto um pilar adicional na sustentabilidade, referente à gestão, que tem frequentemente vindo a ser mencionado e que permite combinar questões financeiras e não financeiras nas organizações, através de um sistema mais abrangente de gestão do desempenho, a que se costuma chamar de *Balanced Scorecard*, que é uma abordagem que permite melhorar resultados e níveis de desempenho em paralelo com as demais vertentes da sustentabilidade (Kalendera & Vayvaya, 2016).

Utilizando uma metáfora económica, em que se refere que “a sustentabilidade requer um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza”, cada um de nós, deve então, tentar viver dentro das suas capacidades versus limitações, mas nunca descurando o bem máximo que é o do capital natural, que a todos pertence, dado ser e cada vez mais, uma exigência fundamental da humanidade. Porém, e lamentavelmente, as tendências mostram, infelizmente, uma população com um consumo médio crescentes e um decréscimo simultâneo

deste nosso mesmo capital natural. Estas tendências levantam a questão de quanto capital natural será necessário e suficiente para manter os diferentes sistemas, segundo os conceitos de sustentabilidade forte e fraca apresentados em Bellen (2003).

Kuhlman e Farrington, citados em Zenya & Nystad (2018) são da opinião de que o foco nas questões sociais, ambientais e económicas são aspetos da sustentabilidade que frequentemente ainda estão a ser menosprezados face ao conflito existente, entre a vontade e as necessidades do bem-estar das pessoas e a preservação do nosso planeta conduzindo à ofuscação da importância da proteção ambiental, bem como a nível social, que também continua a ser uma realidade demasiada desfasada dos demais objetivos de sustentabilidade social desejáveis.

Felizmente que após a ‘Eco92’ os consumidores se tornaram cada vez mais conscientes, o que originou por parte das organizações a utilização de práticas mais amigas do ambiente, promovendo no caso da indústria automóvel a difusão da reciclagem de veículos suportado por legislação ambiental (Medina & Naveiro, 2009; Oliveira, et al, 2018).

Para Pagoropoulos, et al., (2017) a dimensão económica vem sendo caracterizada por um conhecimento cada vez mais centrado nas novas tecnologias digitais e nas suas potencialidades inerentes, tais como, a Internet das Coisas (*Internet of things, IoT ou Industrial Internet of Things, IIoT*) e o processamento de grandes e diversos volumes de dados, através de *Big Data e Data Analytics*, entre muitas outras abordagens e tecnologias, inerentes à I4.0 (Hozdic, 2015; Sommer, 2015; Gilchrist, 2016; Lu, 2017).

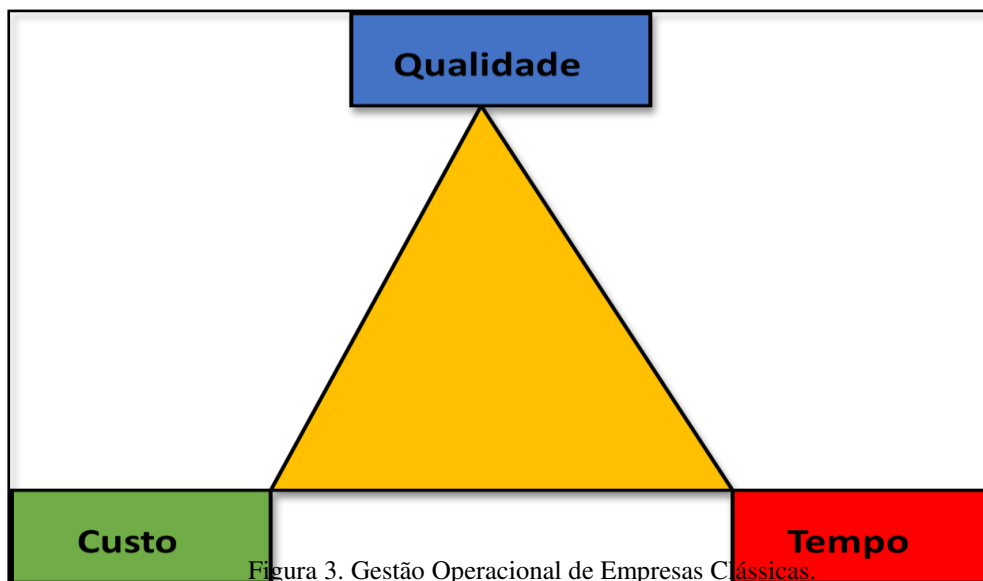
A vários níveis, em projetos internacionais, diversos trabalhos e iniciativas mereceram um financiamento, por parte de instituições internacionais, para alavancar subjacentes ao LM e, mais recentemente à I4.0, bem como relativos a interações entre estes conceitos, nomeadamente através das dimensões económica, social e ambiental da sustentabilidade, financiados, por exemplo, pela Comissão Europeia (CE), como: Portugal 2020, PO Competitividade e Internacionalização (COMPETE, 2020).

Nos relacionamentos económicos entre UE/Canadá estes regem-se pelo Acordo Económico e Comercial Global (Canada-EU Comprehensive Economic and Trade Agreement CETA) assinado em outubro de 2016. Porém outros projetos e investimentos são apoiados pelo Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) 2007-2013, com empresas CF e outras consultoras, entre outros.

2.2. Lean Manufacturing

A filosofia *Lean Manufacturing* (LM), tem vindo a ser exaustivamente explorada ao longo dos anos, nomeadamente no decurso das últimas décadas. Esta filosofia de produção e da sua gestão, extensível não só a empresas industriais, mas também aos serviços, através de uma lógica de base de perspectiva de ‘alinhamento’ da produção com a procura. É uma filosofia centrada na eliminação de desperdícios dos mais diversos tipos, frequentemente expressos através de alguma medida de tempo e/ou de custo ou de lucro, na ótica da típica otimização de recursos visando satisfazer os requisitos ou necessidades dos *stakeholders*, incluindo fornecedores e clientes (Vidamour e Lyons, 2010).

Lean Manufacturing visa então atingir determinados níveis de competitividade, através da implementação de um conjunto de metodologias, abordagens e ferramentas ou sistemas que geralmente lhe estão associadas, como é o caso da dita produção puxada (*pull*). De acordo com esta filosofia de LM e do ponto de vista da gestão operacional nas empresas clássicas, a produção centra-se no dilema do chamado triângulo ‘Qualidade-Custo-Tempo’, expresso através da Figura 3, em que os seus objetivos essenciais se relacionam então com aspetos de custos, de tempo e da qualidade (Reuter, 2018).



Neste contexto do LM, recorre, geralmente, a um procedimento de trabalho baseado nas fases de uma metodologia de ‘*Plan-Do-Check-Act*’. A fase do ciclo (*Plan*), conforme a designação sugere, consiste no planeamento, através do estabelecimento de ações para as metas a alcançar, instituindo as diretrizes sobre o plano a ser posto em prática. A fase seguinte (*Do*),

baseia-se em colocar em prática as atividades planejadas anteriormente. A terceira fase (*Check*), consiste na verificação dos resultados obtidos, contrapondo com os resultados esperados. Por último na fase ação (*Act*), são feitos ajustes de forma a melhorar os resultados obtidos para quando se iniciar um novo ciclo não serem cometidos os mesmos erros (Paladini, 2004).

Um dos objetivos principais do *LM* consiste em transformar ou otimizar sistemas de negócio ou de produção nas empresas, nomeadamente tentando converter configurações de sistemas mais complexos, para sistemas com um fluxo de produção mais simplificado ou o mais ‘linear’, direto, unidirecional e até, se possível, unisentido, por forma a ir de encontro aos genericamente designados sistemas de produção orientados ao produto, isto é, a um conjunto restrito de produtos, com semelhanças, geralmente processuais, entre outra, a que se costuma chamar de famílias de produtos e que, em geral, são sistemas nas configurações mais típicas de linhas ou de células de produção ou outros tipos de sistemas de produção afins e que permitam implementar, mais facilmente, os pressupostos e abordagens de produção e de gestão subjacentes ao *LM* (Womack & Jones, 2003b; Dennis, 2008; Deif, 2012; Araújo, et al., 2018).

Adicionalmente, o *LM* também tende a ser extensível à implementação das abordagens e práticas até aos próprios fornecedores, parceiros de negócio e ainda, idealmente também aos clientes e, portanto, *stakeholders* em geral, com os quais cada empresa colabora, no sentido de visar uma otimização mais geral e abrangentes, de todos os processos de negócio, quer funcionando numa forma mais tradicional ou no contexto de empresas virtuais de produção estendida ou distribuída (Varela & Ribeiro, 2014; Santos, et al., 2014; Manupati, et al., 2017). Com base nesta perspetiva, um sistema de produção visa conectar, de forma otimizada, o consumo nas fábricas, com os seus fornecedores e, desta forma, sincronizar estes com os momentos desejáveis de entrega de materiais, bem como com a consequente data de entrega dos produtos aos clientes, como apresentado em (Womack & Jones, 2004).

O *TPS* pode ser considerado como uma estrutura geral subjacente à filosofia *LM*, que visa organizar e gerir as instalações e os demais processos de fabricação numa empresa segundo uma lógica de otimização total, tendo a sua aplicação tido origem na empresa Toyota, no início do século XX, em que surgem também, em paralelo, as máquinas de comando numérico e que vêm, na altura, viabilizar a produção de peças com geometrias mais complexas e em maiores ou menores volumes de produção, através de programação das máquinas e um fabrico automático nas fábricas.

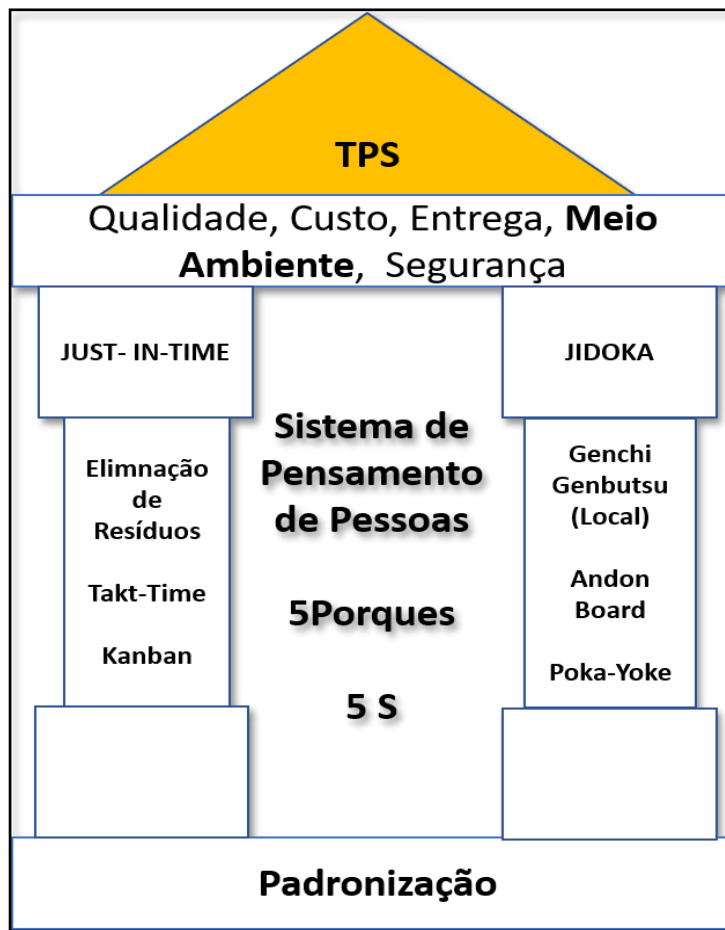


Figura 4. Os pilares do TPS.
(Adaptado Hermann, 2008).

Na sequência desta era do LM abrem-se também, subsequentemente, as portas à automação industrial (Silveira et al., 2002), com vista ao objetivo de criação de valor máximo, porquanto se visa a eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício (Womack, et al., 1990a; Sriparavastu, et al., 1997).

2.2.1 Lean Manufacturing na dimensão económica

No que se refere ao desempenho de processos subjacentes ao LM, em conjugação com perspetivas da dimensão económica da sustentabilidade, há vários exemplos de iniciativas que visam a redução de custos, concomitantemente com o uso de práticas de LM (Womack & Jones, 2003b; Dennis, 2008; Deif, 2012; Araújo, et al., 2018). No entanto, no que se refere o resto dos critérios base ou de referências nesta combinação de conceitos, as referências existentes são ainda muito escassas e mesmo para aspetos relacionados com *turnover* não foram encontradas referências impactantes.

Na Tabela 2 estão sumariadas algumas das principais contribuições encontradas sobre a influência do *LM* na dimensão económica da sustentabilidade e que permitiram conduzir a uma subsequente análise relativa às correspondentes variáveis manifestas consideradas no modelo proposto, conforme se descreve mais adiante neste relatório.

Tabela 2. *LM* na dimensão económica.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Económica	Aumentar Lucros;	Pampanelli, A.B.; Found, P.; Bernardes, A.M., (2014); Müller e outros, (2018); Nagy et al., (2018); Laudien et al., (2017);
	Aumentar a Rotatividade	Não identificado
	Aumentar a Participação dos Produtos no Mercado	Wilson, A., (2010); Zhu, Q.; Sarkis, J.; Kee-hung, L., (2008); Shrouf et al, (2014); Waibel et al, (2017); Lee et al., (2014);
Sustentabilidade Económica	Diminuir Custos Operacionais	Zhu, Q.; Sarkis, J.; Kee-hung, L.,(2008); Mollenkopf,D.;Stolze,H.;Tate,W.L.;Ueltschy,M.,(2010); Sezen, B.; Karakadilar, I.; Buyukozkan, G.,(2011); Lozano, R.; Huishingh, D.,(2011); Azevedo, S.; Carvalho, H.; Duarte, S.; Cruz-Machado, V.,(2012); Díaz-Reza, J.; García-Alcaraz, J.; Martínez-Loya, V.; Blanco-Fernández, J.; Jiménez-Macías, E.; Avelar-Sosa, L.,(2016);Gupta,V.;Narayanamurthy,G.;Acharya,P., (2018);
	Aumentar o Desempenho do Processo	Shah, R.; Ward, P., (2007); Sezen, B.; Karakadilar, I.; Buyukozkan, G., (2011); Ng, R.; Low, J.; Song, S., (2015); Díaz-Reza, J.; García-Alcaraz, J.; Martínez-Loya, V.; Blanco-Fernández, J.; Jiménez-Macías, E.; Avelar-Sosa, L., (2016)

2.2.2 *Lean Manufacturing* na dimensão ambiental

Na perspetiva apresentada em (Jabbour, et al., 2013b), considerações de *LM* direcionados para uma preocupação ou gestão ambiental, tendem a ser abordagens mais equilibradas, nomeadamente, quando estas adotam práticas do tipo ‘lean-green’ ao nível de medidas de desempenho ambiental (Ng, et al., 2015). Sendo assim, nesta perspetiva um pensamento *LM*, deve também ser direcionado para uma redução do impacto ambiental e para o aumento ou incremento de benefícios ambientais. Conforme referido em (Yang, et al., 2011), em que se explora a relação entre práticas de gestão ambiental e desempenho de negócios, os seus resultados de pesquisa propõem que as experiências de manufatura *lean* estejam positivamente relacionadas com tais práticas de gestão ambiental.

Na Tabela 3 estão sumariadas algumas das principais contribuições encontradas sobre a influência do *LM* na dimensão ambiental da sustentabilidade e que permitiram conduzir a

uma subseqüente análise relativa às correspondentes variáveis manifestas consideradas no modelo proposto, conforme se descreve mais adiante neste relatório.

Tabela 3. *LM* na dimensão ambiental.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Ambiental	Diminuir (Resíduos Industriais);	Souza, J.; Alves, J., (2017); Wilson, A., (2010); Torielli, R.; Abrahams, R.; Smillie, R.; Voigt, R.,(2011); Vinodh,S.,Arvind,K.; Somanaathan, M.,(2011); Gupta,V.;Narayanamurthy,G.;Acharya,P., (2018); Azevedo, S.; Carvalho, H.; Duarte, S.; Cruz-Machado, V.,(2012).; Hajmohammad, S.; Vachon, S.; Klassen, R.D.; Gavronski, I.,(2013);
	Diminuir o Consumo de Energia de Fontes de Energia não Renováveis	Ioppolo, G.; Cucurachi, S.; Salomone, R.; Saija, G.; Ciraolo, L., (2014); Shrouf et al, (2014); Waibel et al., (2017); Lee et al., (2014); Oettmeier e Hofmann, (2017); Stock e Seliger, (2016); Wang et al., (2015); Hofmann e Rusch, (2017); Lund et al. (2009).
	Aumentar Produção de Energia Renovável	Não identificado
	Aumentar Prática da Economia Circular	Nunes, B.; Bennett, D, (2010); Zhao, Q.; Chen, M, (2011); Ming, C.; Xiang, W., (2011); Ashish, K.; Rejesh, B.; Sarbjit, S.; Anish, S., (2011); Liao, K.; Deng, X.; Marsillac, E., (2013).
	Aumentar (Colaboração com Parceiros que seguem boas Práticas Ambientais)	Não identificado

2.2.3 *LM* na dimensão social

A influência do *LM* na vertente social é uma das principais preocupações de nosso estudo e que era também no início do seu desenvolvimento TPS. Entre as sete principais lacunas identificadas por Cherrafi et al., (2016) nas conclusões do seu trabalho, dois deles estão claramente enquadrados com o objetivo do nosso estudo: a necessidade de estudar o lado humano de uma forma mais abrangente, e a necessidade de desenvolver um sistema de medição integrado para medir a relação entre o *LM* e o desempenho de sustentabilidade. Gupta et al. (2018), nos seus trabalhos relacionados com a sustentabilidade ambiental, refere também como é que em futuros estudos poderão incorporar a dimensão social. Apesar de algumas preocupações relacionadas com o pilar social, grande parte das influências sociais não são referidas nos trabalhos analisados, o que a baixa importância que tem sido dada ao tema da sustentabilidade.

Na Tabela 4, algumas das principais contribuições específicas sobre a influência do *LM* na dimensão social são apresentadas.

Tabela 4. *LM* na dimensão social.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Social	Aumentar o Número de Funcionários	Não identificado
	Aumentar a Remuneração do Salário	Não identificado
	Aumentar a Qualidade das Condições de Trabalho	Ng, R.; Low, J.; Song, S.,(2015); Taubitz, M.,(2010);Lozano, R.; Huishigh, D.,(2011);Vinodh, S.; Arvind, K.; Somanaathan, M.,(2011);Ioppolo, G.; Cucurachi, S.; Salomone, R.; Saija, G.; Ciruolo, L.,(2014)
	Aumentar as Condições da Sociedade Envolvente	Não identificado
	Diminuir Acidentes de Trabalho	James, J.; Ikuma, L.; Nahmens, H.; Aghazadeh, F.,(2013).
	Aumentar a Participação de seus Colaboradores na Tomada de decisões	Taubitz, M.,(2010); Vinodh, S.; Arvind, K.; Somanaathan, M.,(2011); Jabbour, A.; Jabbour, C.; Teixeira, A.; Freitas, W.,(2012a).
	Aumentar o número de Funcionários com algum Grau de Deficiência.	Não identificado
	Aumentar a Duração do Contrato de seus Colaboradores	Não identificado

Face ao exposto, a grande esperança está a começar a centrar-se nesta atual fase de transição para os princípios subjacentes da I4.0, em que várias fontes manifestam preocupação relativamente à inclusão do ser humano em considerações de sustentabilidade (Wackernagel e Rees, 1995; Jabbour, et al., 2013b).

2.3. Indústria 4.0

Em (Drath e Horch, 2014) é apresentado o conceito de I4.0 (ou I4.0) e os termos ou pilares fundamentais deste conceito, também conhecido por ‘industrie 4.0’. A I4.0 surge na europa e pela primeira vez na *Hannover Messe Fair* em 2011, na Alemanha. A Figura 5. Evolução da história industrial., em que é possível verificar a existência das três revoluções industriais anteriores.

Sendo que, a primeira foi baseada no carvão, como fonte de energia que impulsionou fortemente a industrialização, assim como, o surgimento das máquinas a vapor, que permitiram transformar o trabalho artesanal em trabalho automatizado. Posteriormente, decorreu a segunda revolução industrial, baseada em conceitos de eletricidade para atingir a produção em massa.

Segundo estes autores a terceira revolução industrial baseou-se em sistemas eletrônicos e computacionais, tendo como um dos seus expoentes máximos os sistemas do tipo *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), que foram utilizados para aprimoramento da eficiência de linhas de produção e que antecederam e permitiram conduzir ao termo que se vislumbra atualmente, da nova ou 4ª revolução industrial, que ocupa a nossa história industrial atual, conforme mencionado em (Hermann, et al., 2016).

A atualmente designada de 4ª revolução industrial, engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controlo e tecnologia da informação aplicadas aos processos de manufatura e não só, sob a designação geral da dita ‘era da manufatura digital’, ilustrada através do último estágio da Figura 6, conforme mencionado em (Silva, 2017), tendo por objetivo melhorar os sistemas de produção, as cadeias ou redes de valores e os modelos de negócio na indústria (Beyerer, 2015).

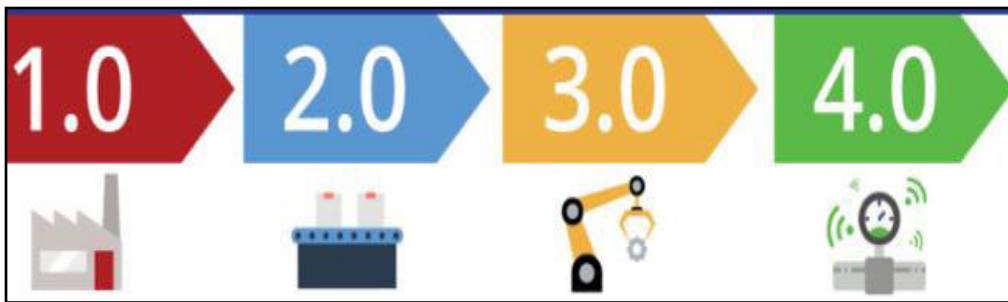


Figura 5. Evolução da história industrial.
(Silva, 2017).

Porém, continua a não ser evidente, o que constitui esta dita 4ª revolução industrial, segundo (Maynard, 2015), que refere dificuldade em exemplificar, cabalmente os princípios por detrás deste conceito e, adicionalmente, segundo um gerente de produção da Audi afirma: “Embora a I4.0 seja um dos tópicos mais discutidos nos dias de hoje, eu não conseguiria explicar ao meu filho o que é”! Realmente I4.0 é o que? Qual o seu real significado?” (Hermann, et al., 2016).

Este novo conceito ou paradigma afeta e vem revolucionar todos os modelos de negócios até então existentes, bem como toda a cadeia de suprimentos e interconexões entre redes de negócios, à escala global e que se apoia fortemente nas subjacentes tecnologias habilitadoras, tais como: *internet of things* (IoT), *machine e deep learning*, *big data*, *data analytics*, *cyber-physical systems* (CPS) e interações do tipo: *machine-to-machine* (M2M), *end-to-end*, *point-to-point*, e com base na *cloud* (incluindo *services*, *computing e*

manufacturing) tecnologias que cooperativamente são utilizadas para promover a transformação digital (Azevedo, 2017).

Concluindo em Beyerer, et al., (2015), sistemas de produção futuros que permitam uma produção individualizada e segundo elevados patamares de requisitos e condições, incluindo de flexibilidade e qualidade, são características inerentes a um processo de negócio promissor da implementação de fornecedores e clientes a colaborar em perfeita harmonia e integração de esforços e tomadas de decisões, assim como os vários parceiros de negócios e peritos comerciais diretamente envolvidos e correlacionados, permitindo assim um controlo total e global e a uma forma de atuação conjunta e articulada, que permita atingir os objetivos estratégicos e operacionais nas empresas.

Sendo assim, neste trabalho, há também o objetivo de tentar convergir para uma análise construtiva acerca da exploração de opiniões provenientes de diferentes autores e fontes, por forma a tentar analisar alguns dos principais impactos positivos e negativos que se vislumbra que a I4.0 pode ter, em termos das três principais dimensões da sustentabilidade, no contexto das empresas industriais.

Em seguida nos subcapítulos 2.3.1 a 2.3.3 serão detalhados aspetos chave sobre a I4.0 e as três dimensões da sustentabilidade. Nesta atual e que se aparenta próxima era industrial, muitas mudanças são esperadas na vida cotidiana das pessoas e das empresas (Jabbour, et al., 2018), porém surge com uma questão importante e grande que agora temos que enfrentar, entre várias outras: “A I4.0 pode revolucionar a onda de manufatura ambientalmente sustentável?”

2.3.1 I4.0 na dimensão económica

Espera-se que a I4.0 conduza as empresas para situações económicas mais favoráveis, sendo possível economizar além de obter uma qualidade operacional, a nível de mão-de-obra, energia e custos em geral, realizando o trabalho de forma mais eficaz e eficiente (Iqbal e Riek, 2019; Kiel, et al., 2017; Muller, et al., 2018; e Pagoropoulos, et al., 2017).

Na Tabela 5 estão apresentadas as terminologias encontradas e que são contribuições principais no que concerne à relação ou algumas influências da I4.0 na dimensão económica da sustentabilidade. Segundo Pagoropoulos et al. (2017) verifica-se atualmente ainda uma exploração limitada no que se refere ao aproveitamento do potencial tecnológico das empresas, nomeadamente no que se refere à interação entre a captação de dados e a integração destes para o seu subsequente processamento e análise.

Tabela 5. I4.0 na dimensão económica.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Económica	Aumentar Lucros;	Pampanelli, A.B.; Found, P.; Bernardes, A.M., (2014); Müller e outros, (2018); Nagy et al., (2018); Laudien et al., (2017);
	Aumentar a Rotatividade	Não identificado
	Aumentar a Participação dos Produtos no Mercado	Wilson, A., (2010); Zhu, Q.; Sarkis, J.; Kee-hung, L., (2008); Shrouf et al, (2014); Waibel et al, (2017); Lee et al., (2014);
	Diminuir Custos Operacionais	Zhu, Q.; Sarkis, J.; Kee-hung, L., (2008); Mollenkopf,D.; Stolze,H.;Tate,W.L.; Ueltschy,M.,(2010); Sezen, B.; Karakadilar, I.; Buyukozkan, G.,(2011); Lozano, R.; Huishingh, D.,(2011); Azevedo, S.; Carvalho, H.; Duarte, S.; Cruz-Machado, V.,(2012); Díaz-Reza, J.; García-Alcaraz, J.; Martínez-Loya, V.; Blanco-Fernández, J.; Jiménez-Macías, E.; Avelar-Sosa, L.,(2016); Gupta,V.; Narayanamurthy,G.;Acharya,P., (2018);
Aumentar o Desempenho do Processo	Shah, R.; Ward, P., (2007); Sezen, B.; Karakadilar, I.; Buyukozkan, G., (2011); Ng, R.; Low, J.; Song, S.,(2015); Díaz-Reza, J.; García-Alcaraz, J.; Martínez-Loya, V.; Blanco-Fernández, J.; Jiménez-Macías, E.; Avelar-Sosa, L.,(2016)	

As contribuições principais existentes sobre a influência da I4.0 na dimensão económica, ainda não incorporam um estudo no foco deste trabalho, que tem em vista a mensuração deste impacto, nomeadamente no que é referente a um conjunto de variáveis que expressem aspetos importantes como a produtividade, a criação de novos produtos e serviços inovadores associados à quarta revolução industrial (Muller et al., 2018).

2.3.2 Indústria 4.0 na dimensão ambiental

Um outro aspeto fundamental a analisar é o da influência da I4.0 na dimensão ambiental da sustentabilidade. Sendo assim, na Tabela 6 sumarizam-se alguns dos principais termos encontrados, através das pesquisas efetuadas e que incluem, para além de aspetos mais financeiros e tecnológicos direcionados para aspetos ambientais.

Tabela 6. I4.0 na dimensão ambiental.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Ambiental	Diminuir o Desperdício Industrial	Shrouf, F.; Ordieres, J.; Miragliotta, G., (2014); Waibel, M.W.; Steenkamp, L.P.; Moloko, N.; Oosthuizen, G.A., (2017); Yang, M.; Hong, P.; Modi, S., (2011); Oettmeier, K.; Hofmann, E.,(2017); Stock, T.; Seliger, G.,(2016); Wang, Z.; Subramanian, N.; Gunasekaran, A.; Abdulrahman, M.; Liu, C.,(2015);
	Diminuir o Consumo de Energia entre	Hofmann, E.; Rüsçh, M., (2017); Fritzsche, K.; Niehoff, S.; Beier, G., (2018);

	Fontes de Energia Não Renováveis	
	Aumentar Produção de Energia Renovável	Lund, H.; Mathiesen, B.V, (2009);
	Aumentar a Prática de Economia Circular	De Sousa Jabbour, A.B.L.; Jabbour, C.J.C.; Foropon, C.; Godinho Filho, M., (2018); Branke, J.; Farid, S.S.; Shah, N., (2016);
	Aumentar Colaboração com Parceiros que seguem as boas Práticas Ambientais	Zawadzki, P.; Zywicki, K., (2016); Hofmann, E.; Rüsck, M., (2017);
	Diminuir Consumo de Recursos, Aquecimento Global, Mudanças Climáticas, e Requisitos de Energia	Tseng, M.L.; Tan, R.R.; Chiu, A.S.; Chien, C.F.; Kuo, T.C., (2018); Fritzsche, K.; Niehoff, S.; Beier, G., (2018).

2.3.3 Indústria 4.0 na dimensão social

Pessoas em geral e operadores em particular, parecem estar, cada vez mais, preocupados com a era da I4.0, devido a muitas razões, principalmente, em relação às oportunidades de trabalho (Nagy, et al., 2018) embora, alguns mais otimistas estejam tentando prever condições muito benéficas e oportunidades para trabalhadores e pessoas em geral (Kiel, et al, 2017; Brettel, et al, 2016; Branke, et al., 2016; Shamim, et al., 2016; Hirsch-Kreinsen e Wandel, 2014). Na Tabela 7, encontram-se sumariadas referências de algumas contribuições principais sobre a relação ou influência da I4.0 na dimensão social.

Tabela 7. I4.0 na dimensão social.

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Social	Aumentar o Número de Funcionários	Branke, J.; Farid, S.S.; Shah, N., (2016); Brettel, M.; Klein, M.; Friederichsen, N. (2016);
	Melhorar as Condições de Trabalho (por exemplo, para funcionários com alguma deficiência, treinamento cursos, vencimentos, entre outros)	Shamim,S.; Cang,S.; Yu,H.;Li,Y.,(2016); Hirsch-Kreinsen, H.,(2014); Kiel, D.; Müller, J.M.; Arnold, C.; Voigt, K.I.,(2017);

Tabela 7. I4.0 na dimensão social (Continuação).

Dimensão da Sustentabilidade	Influência	Referências
Social	Melhorar Condições para Sociedade Envolvente	Branke, J.; Farid, S.S.; Shah, N., (2016); Shamim,S.; Cang,S.; Yu,H.;Li,Y.,(2016)
	Diminuir Acidentes de Trabalho	Brettel, M.; Klein, M.; Friederichsen, N. (2016)
	Aumentar a Participação dos Funcionários em Tomadas de Decisão	Branke, J.; Farid, S.S.; Shah, N., (2016); Brettel, M.; Klein, M.; Friederichsen, N. (2016)

	<p>Aumentar Duração do Contrato de Funcionário e Colaboração entre as Partes Interessadas</p>	<p>Yang, M.; Hong, P.; Modi, S., (2011); Duarte, S.; Cruz-Machado, V,(2017); Pfohl, H.C.; Yahsi, B.; Kurnaz, T.,(2017); Shamim,S.;Cang,S.;Yu,H.;Li, Y.,(2016)</p>
--	---	---

2.4 Principais observações ao Estado da Arte

Propôs-se adiar a análise em relação às tabelas apresentadas para esta subsecção, pois para desenvolver o nosso modelo é necessário ter uma análise global sobre as principais contribuições decorrentes da pesquisa bibliográfica no seu todo. Posto isto, as principais observações que devem ser feitas são as seguintes:

- A primeira observação é que nenhum dos autores, nos seus trabalhos, cobriu todos os principais critérios de influência na sustentabilidade expostos nas Tabelas 2–7;
- A segunda observação é que nenhum dos trabalhos analisados trata deste assunto através do uso da modelação por equações estruturais;
- A terceira observação é que a referência a alguns critérios influência é mais considerada do que noutros, ou seja, para alguns deles nem foram encontradas qualquer referência.

Além disso, podemos perceber que as duas questões principais apresentadas no início deste capítulo foram realizadas por meio da revisão bibliográfica que foi resumida e apresentada nas Tabelas 2–7. Em suma, esta tese foca uma abordagem diferente da literatura e apresenta os principais construtos a serem utilizados no nosso modelo, conforme será descrito na próxima seção.

3. MODELO DE AVALIAÇÃO

A partir da revisão exaustiva da literatura apresentada anteriormente, onde foram apresentados os conceitos e os modelos contextuais explicativos deste estudo, tentando buscar as relações entre *LM* e Sustentabilidade Económica, Ambiental e Social e também entre a I4.0 e a Sustentabilidade Económica, Ambiental e Social no desenvolvimento das empresas.

Assim na primeira parte deste capítulo, serão apresentados os objetivos e formuladas as questões e hipóteses que irão ser objeto desta investigação. Na segunda parte designada de questionário e amostra, será descrito o processo e informações relevantes e referentes às descrições dos resultados obtidos através do inquérito, processo de obtenção da amostra e também a sua caracterização.

Ainda na parte final serão dadas respostas às questões levantadas nesta investigação, através de uma análise efetuada à população empregada em empresas industriais da Península Ibérica, e de correspondentes dados referentes à % de empresas localizadas em Portugal e Espanha, onde os inquéritos foram distribuídos. Adicionalmente, o objetivo último consiste em apresentar uma análise relativa ao cenário atual relativo à aplicação de práticas de *LM*, e de I4.0 nas empresas, bem como a sua relação com práticas de Sustentabilidade, económica, ambiental e social, nomeadamente expressas através de: lucros, volume de negócios, participação de mercado, consumo de energia, economia circular, práticas ambientais e com parceiros, remuneração salarial, condições de trabalho e sociedade envolvente.

3.1. Hipóteses de investigação

Uma vez analisada a literatura, conforme informações apresentadas nos capítulos anteriores é então proposto um modelo (ver Figura 6), em que se define *LM* e I4.0, designadas de variáveis independentes e também, chamadas de construtos exógenos que, portanto, não possuem uma qualquer outra seta apontando para eles de outros construtos; e Sustentabilidade: Económica (*EcS*), Ambiental (*EnS*) e Social (*SoS*), como sendo as variáveis dependentes, também chamadas de construtos endógenos e, que, estes sim, têm pelo menos uma seta apontando para eles de uma outra construção ou construto, neste caso, dos dois construtos independentes, *LM* e I4.0.

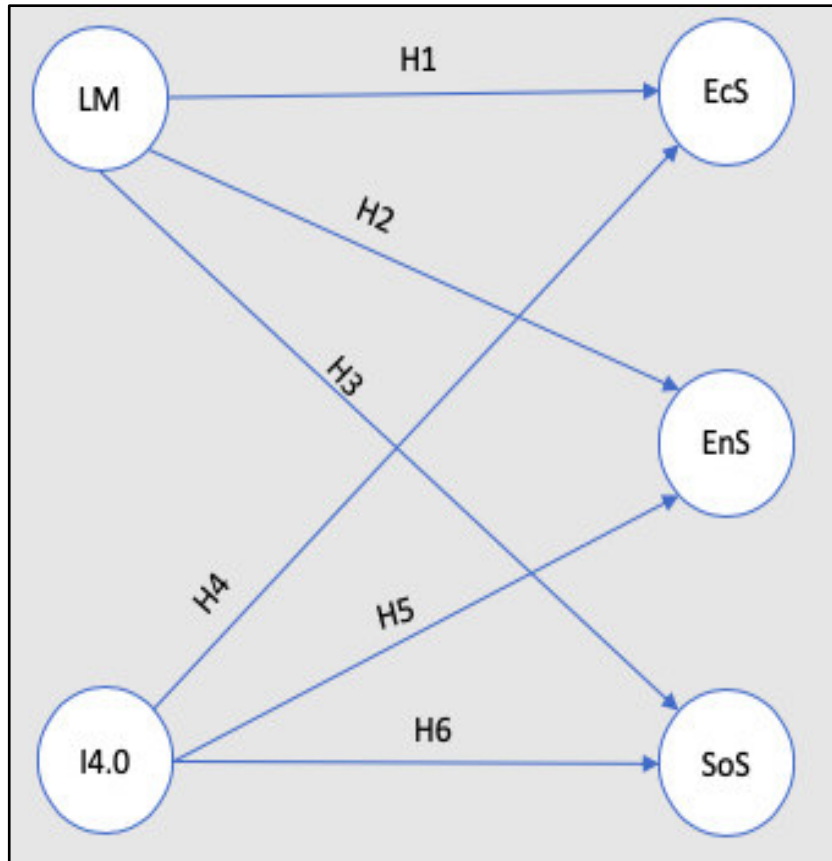


Figura 6. Modelo geral da investigação.

Hipótese 1 (H1). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Económica está positivamente relacionada a LM.

Hipótese 2 (H2). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Ambiental está positivamente relacionada a LM.

Hipótese 3 (H3). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Social está positivamente relacionada a LM.

Hipótese 4 (H4). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Económica está positivamente relacionada a I4.0.

Hipótese 5 (H5). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Ambiental está positivamente relacionada a I4.0.

Hipótese 6 (H6). A perceção das empresas industriais sobre Sustentabilidade Social está positivamente relacionada a I4.0.

Enquadramento da Hipótese 1 (H1). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Económica está positivamente relacionada com o LM.

O modelo proposto para abordar o tema de investigação “Avaliação de um Modelo para a relação entre LM, I4.0 e a Sustentabilidade das Empresas” incorpora as questões fundamentais subjacentes, através de contributos que são expressos seguidamente por representações gráficas, análises do contexto de relações entre *LM* e as três dimensões da Sustentabilidade (EcS, EnS e SoS) e também no contexto de relações da I4.0 e as três dimensões da Sustentabilidade (EcS, EnS e SoS), através do modelo proposto.

Todas as empresas que buscam em *LM* ou *I4.0*, algum tipo de benefício, como, por exemplo, um aumento dos seus lucros, possíveis futuros investimentos no seu parque industrial, entre tantas outras considerações, são passíveis de ser constatadas, com base em revisão da literatura, muito embora, geralmente com dados muito escassos e pontuais, pois poucos investigadores descrevem este tipo de assunto com pleno contributo, que permita explorar mais detalhadamente, por exemplo, a correspondente dimensão económica da Sustentabilidade, conforme referido em (Pampanelli, Found, Bernardes, 2014).

Por outro lado, por exemplo sobre formas ou condições que permitam aumentar a rotatividade dos seus funcionários não foram encontradas pesquisas que retratem este indicador detalhadamente, em termos de análise e propostas de melhores alternativas a este nível, da dimensão social da sustentabilidade.

Em termos de considerações mais na área da engenharia, da logística e da gestão da cadeia de abastecimento, com preocupações também a nível de sustentabilidade ambiental, por exemplo, e nomeadamente no sentido de se tentar contribuir para a diminuição de custos operacionais, ao mesmo tempo que se revelam preocupações ambientais, a este nível, existem estudos que mencionam, por exemplo, a preocupação de fabricantes em melhorar as suas práticas neste âmbito, nomeadamente através de recurso a abordagens de *GSCM* (*Green Supply Chain Management*) (Ashish, et al., 2011). Porém um dos constrangimentos que é frequentemente mencionado é a necessidade de monitorar constantemente potenciais novas implementações, que incluem, por exemplo, aspetos de cooperação entre membros de companhias, nomeadamente para desenvolver práticas de logística reversa e de economia circular, uma vez entendidas vontades de clientes finais em devolver produtos usados para reciclagem ou reengenharia (Zhu, Sarkis, Kee-hung, 2008).

Conforme referido em (Mollenkopf, et al., 2010), há uma falta de pesquisa sistemática sobre como o pensamento *LM* e as dimensões da Sustentabilidade poderão permitir contribuir para apoiar o desenvolvimento da cadeia de suprimentos (Azevedo, et al., 2012), recorrendo a especialistas das áreas e a processos de colaboração, incluindo com fornecedor e equipas de

desenvolvimento de produtos e de processos de produção, através de fluxo de informação integrados ao longo do ciclo de vida dos produtos (Sezen, Karakadilar, Buyukozkan, 2011).

Segundo Lozano (2011, normas ISO permitem providenciar diretrizes apropriadas para abordar questões de sustentabilidade. Porém, raramente avaliações e aplicações destas normas, por si só, permitem garantir decisões e ações integradas e verdadeiramente apropriadas, no sentido de introdução de melhorias efetivas nos processos de produção e de decisão nas empresas, de modo a incluir considerações adicionais, por exemplo, no sentido de conduzir a processos de produção mais limpos, ao mesmo tempo que são tidos em conta áspersos relacionados com a saúde e a segurança dos trabalhadores. Portanto, considerando uma visão mais holística e integrada, que considera aspetos relacionados com as dimensões económica, ambiental e social da sustentabilidade.

Paradigmas teóricos que permitam uma análise de relações, na prática de abordagens ditas ‘verdes’, em conjugação com abordagens diversas, nomeadamente de LM, na gestão de cadeias de abastecimento e de gestão, em geral, visam um desenvolvimento mais sustentável das empresas e têm, geralmente, subjacente um conjunto de medidas, abrangendo não só aspetos ou preocupações económicas, por exemplo ao nível de custo operacionais, mas também se preocupando com a redução de custos e impactos a nível ambiental. Portanto, o recurso a tais paradigmas, nomeadamente de práticas colaborativas entre empresas e seus parceiros de negócio, ao longo de cadeias ou mesmo redes de abastecimento ou de empresas virtuais, baseados em troca de informações e de experiências, nomeadamente para avaliação de ciclos de vida de produtos e seus impactos aos vários níveis da sustentabilidade, são áspersos cruciais a ter em consideração (Azevedo, et al.,2012).

No atual contexto de empresas, nomeadamente indústrias, em transformação, alguns custos operacionais devem ser pensados para integrar boas práticas, nomeadamente para o treinamento de operadores, para lidar com novos tipos de máquinas e equipamentos (Díaz-Reza, et al., 2016), uma vez que, tais práticas irão permitir aumentar o desempenho dos processo de produção, ao mesmo tempo que permitem facilitar a adoção de boas práticas também ao nível de gestão empresarial e da produção, como sendo uma mais-valia importante para melhorar o desempenho das empresas e dos sistemas de produção, como um todo (Gupta, et al.,2018; Shah, R. et al., 2007; Jabbour, 2013).

Enquadramento da Hipótese 2 (H2). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Ambiental está positivamente relacionada com o LM.

A decisão de implementar a sustentabilidade corporativa, voltada para uma produção mais limpa pode ter o seu suporte numa prática de responsabilidade social e conduzida através de práticas de gestão em que se valorizam aspetos relacionados com a saúde e a segurança ocupacional, porquanto se aplicam princípios subjacentes a LM (Souza e Alves, 2017).

Os gestores de topo devem então compreender a importância da produção e do seu impacto ambiental, devendo sempre tentar introduzir melhorias nos processos produtivos, quer técnicas, como política, que visem a implementação de boas práticas nos sistemas de produção, ou forma a torná-los mais robustos (Wilson, 2010).

A decisão de implementar filosofias de LM, juntamente com abordagens direcionadas para a introdução de melhorias relacionadas com a sustentabilidade ambiental, são desafios importantes atualmente, em que as empresas estão fortemente voltadas para introduzir melhorias a nível de uso de novas tecnologias (Torielli, et al., 2011).

O LM é um pensamento focado na eliminação de desperdícios, incluindo, portanto, resíduos e, desta forma, refletindo uma necessidade de consciência ambiental nas empresas, sendo o lixo ambiental considerado o nono resíduo ou desperdício (Vinodh, et al., 2011). Conforme mencionado também em (Gupta, et al., 2018), existe uma ligação estabelecida entre os designados ‘resíduos magros’ (do LM) e os ‘resíduos verdes’ (de aspetos ecológicos), que permite desenvolver um índice de desempenho ‘verde-magro’.

As relações entre os ditos desempenhos ‘verdes’ e ‘magros’ têm sido adotadas por empresas para gerenciar seus relacionamentos com fornecedores em um contexto de gestão, mas quase sempre separada ou independentemente, sendo que há ainda pouca compreensão acerca da sua efetiva influência no desempenho das empresas (Azevedo, et al., 2013). Sendo assim, continua a haver necessidade de exploração mais detalhada acerca de boas formas de integrar dimensões ambientais e sociais em métricas tradicionais de desempenho (Hajmohammad, et al., 2013).

Diminuir o consumo de energia de fontes de energia renováveis é outro aspeto muito importante atualmente (Ioppolo et al., 2014), sendo uma aposta na Estratégia Europa 2020, que tem vindo a abordar esta problemática, a par da questão do crescimento em declínio destas boas práticas, destacando a combinação de aspetos de competitividade económica e de ‘economia verde’ e delineando as direções estratégicas (por exemplo mudando o objetivo de investigações), por forma a introduzir tecnologias ditas limpas e direcionar as empresas para políticas industriais de ‘crescimento verde’, como um meio de melhorar a competitividade sustentável destas, ao mesmo tempo que há preocupações centrais em criar novos empregos e

se trabalha para alcançar baixos níveis de carbono, através de usos eficazes e eficientes de recursos.

As práticas ‘Lean e Green’ são uma forma geralmente mencionada para alcançar resultados benéficos em termos de conciliação de sustentabilidade económica com ambiental, conforme estudo de caso apresentado em (Ng, et al., 2015), em que os autores mostram uma forma eficiente de reduzir o valor do nível do Carbono em 36,3%, a par de um aumento no tempo para produção em 64,7% e com uma redução da pegada de carbono em 29,9%, em empresas que integram e implementam práticas ‘Lean e Green’.

Estudos de casos mostram que para aumentar as práticas de uma economia circular, várias iniciativas ambientais e práticas operacionais ditas verdes devem ser implementadas, como por exemplo: ‘edifícios verdes’, ‘design ecológico’, ‘cadeias de suprimentos verdes’, ‘fabricação verde’, ‘logística reversa e inovação’ (Zhao e Chen, 2011). Porém há ainda uma enorme falta de compreensão de como a implementação destes diferentes tipos de abordagens e práticas, a par com a aplicação de diferentes tipos de regulamentos, como de *VLE (Virtual Learning Environment)*, podem impactar a progressão para uma economia circular, como mencionado em (Ming e Xiang, 2011).

Através da revisão da literatura apresentada em (Ashish, et al., 2011) os autores concluem que, se as empresas numa dada cadeia de abastecimento não estiverem numa mesma área geográfica, e se não houver fornecedores locais para fornecer matérias-primas para esses fabricantes locais, os fabricantes locais precisariam comprar matérias-primas de fornecedores da área externa e sem dúvida tais práticas aumentarão os custos de todas as cadeias de abastecimento.

Para os autores em (Liao, et al., 2013) a economia circular é mencionada como sendo uma forma de pensamento de alinhamento tático, que permite, por exemplo, melhorar os processos de design em companhias, com base, por exemplo, em abordagens que permitam explorar aspetos de modularidade de produto e de processos de fabrico, sendo que tal poderá, adicionalmente, também conduzir a uma maior segmentação de fornecedores e podendo, conseqüentemente, aumentar também, direta ou indiretamente o uso dos diversos tipos de recursos, de forma mais ‘personalizada’.

Enquadramento da Hipótese 3 (H3). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Social está positivamente relacionada com o LM.

Segundo apresentado em (Taubitz, 2010), LM e sustentabilidade são dois pensamentos alinhados, mas a segurança costuma estar ausente nas discussões sobre a qualidade das

condições de trabalho. Em (Lozano e Huishing, 2011) as interconexões entre as dimensões da sustentabilidade são altamente relevantes, desde logo, no curto ao longo prazo, no desenvolvimento das empresas, porquanto consideram preocupações a nível de aquecimento global, disrupções ecológicas e questões energéticas. O LM abre, assim, portas para possibilitar uma mudança de paradigmas nos sistemas de fabricação (Vinodh et al., 2011), facilitando a simplificação de processos.

Autores como Loppolo et al., (2014) afirmam que neste contexto as principais ferramentas no desenvolvimento das empresas servem para reduzir o custo total dos recursos necessários para atingir tais necessidades socioeconómicas. James et al., (2013) complementam ainda que uma ferramenta de LM pode ajudar a prevenir altas taxas de lesões e fatalidades, predominantes em todos os tipos de construção, combinando iniciativas de segurança com melhoria de processos e podendo, portanto, contribuir para a diminuição de acidentes de trabalho, ao mesmo tempo que contribui para um mais elevado índice de satisfação dos trabalhadores nos seus postos de trabalho.

O especialista Taubitz, (2010) considera seus conhecimentos sobre LM valiosos para tornar processos mais rápidos, melhores e mais baratos ficando, porém, à margem em termos de considerações mais ao nível da segurança e da satisfação dos operadores. Porém, constata-se também uma mudança de paradigma nos sistemas de fabricação, segundo referido em (Vinodh, et al.,2011), pela aplicação de práticas de LM, sendo que diversos resultados revelaram que entre inúmeras práticas, se nota uma preocupação transversal pela “busca sistemática de desenvolvimento e de melhoria contínua” nas implementações de LM (Jabbour, et al., 2012).

Enquadramento da Hipótese 4 (H4). A perceção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Económica está positivamente relacionada com a I4.0.

A criação de valor sustentável, em termos económicos, segundo referido em (Müller, et al., 2018), em PMEs espera-se ter um impacto menor através da “I4.0”, sendo que se esperam verificar mais significativos e mais rápidos impactos em empresas de maior dimensão. O impacto da I4.0 (Nagy et al., 2018) pode ser significativo em qualquer tipo de empresa, nomeadamente através de uso de sistemas de produção ciberfísicos ou *CP[P]S (Cyber Physical [Production] Systems)*, de tecnologias e abordagens de *Big Data*, que podem ser aplicadas ao nível de processos e serviços logísticos, processos de produção, de gestão e de tomada de decisão, por forma a tornar as análises de dados mais eficazes, quer localmente, numa empresa, quer através de uma cadeia ou rede de valor, em comunicação e partilha de informação entre

parceiros de negócio, no sentido de permitir uma melhor cooperação entre várias funções, nomeadamente a nível de desempenho produtivo, de gestão, num ambiente de mercado financeiro à escala mais global e competitivo.

Laudien et al., (2017) e Rennung, (2016) referem que a inovação dos modelos de negócios é uma opção estratégica para as empresas aumentarem a sua competitividade. Os autores Erol et al., (2016) examinaram cenários relativos a uma aprendizagem orientada aos problemas da futura engenharia de produção com base no modelo da I4.0 para uma fábrica piloto. Através desse estudo chegaram à conclusão de que o conhecimento prático do planejador de manufatura, em um aplicativo em nuvem, para apoiar o planeamento das operações, a nível de programação e despacho de trabalhos para máquinas-ferramentas, com base num pré-processamento de dados reutilizados, com base num histórico de dados, permite enriquecer uma base de conhecimento integrada e, desta forma, melhorar os processos de tomada de decisão (Rehage et al., 2013).

A metodologia de gestão integrada da produção apresentada em (Rudtsch et al., 2014) permite então atingir melhores níveis de produtividade nos processos de produção, nomeadamente a nível de um sistema ciberfísico (*CPPS*), devendo não apenas ser disponibilizado para grandes companhias, mas também para pequenas e médias empresas. Brettel, Klein e Friederichsen (2016) constataam a relevância da flexibilidade de fabricação no contexto da I4.0, introduzindo uma perspectiva estratégica da gestão da produção e desenvolvendo uma arquitetura de um sistema direcionada para tecnologia de produção integrada.

As oportunidades de Manufatura Sustentável na I4.0 segundo referido em (Stock e Seliger, 2016) atende a um grande desafio de crescente demanda mundial, garantindo uma evolução sustentável em dimensões económicas, ambientais e sociais (Arnold et al., 2015).

As implementações e reformulações mencionadas em (Burmeister, Lüttgens e Pille, 2016) relativas à I4.0, através da Internet Industrial das Coisas, de Sistemas de Produção Ciber-Físicos e de uma digitalização generalizada, tanto a nível de produtos como de processos, são consideradas como sendo agentes de mudança nos atuais sistemas industriais.

O *status* atual da I4.0, conforme mencionado em (Hofmann e Rüsçh, 2017), revela oportunidades em termos de descentralização, autorregulação e eficiência. Porquanto, a I4.0 em combinação com práticas de *LM*, conforme referido em (Cruz e Machado, 2017), permitem não só reduzir ou até eliminar desperdícios, mas também recorrer a mecanismos de integração, de dados e de processos, no sentido de permitir automatizar processos de redução ou eliminação de desperdícios.

Na era da digitalização segundo (Bechtsis et al., 2017), uma gestão sustentável permite abordar o potencial da sustentabilidade, focando problemas de otimização de redes de colaboradores, ao mesmo tempo que acautela o desenvolvimento de abordagens metodológicas integradas e sistemáticas para a promoção das dimensões económica, ambiental e social da sustentabilidade.

No cerne do conceito de I4.0, segundo apresentado em (Schmidt et al., e Branke et al., 2016), está a visão de gestão de materiais, de bens, de máquinas interconectadas, onde os bens encontram seu caminho através da fábrica até ao cliente de maneira auto-organizada, o que permite obter grandes ganhos e elevado valor acrescentado nas empresas.

Adicionalmente, a customização em massa (*mass customization*), aliada às restantes características gerais de uma produção digital, permite melhorias de produtividade, através da redução dos tempos de produção, a par de uma melhor utilização dos recursos em geral (Schmidt et al., 2015).

Os impactos da I4.0, conforme referido em (Glas et al., 2016), refletem-se através do uso de tecnologias avançadas, que permitem transformar fábricas tradicionais em fábricas inteligentes. Uma boa parte destes avanços da I4.0 se ficam devendo a tecnologias relacionadas com a Internet das Coisas Industriais (IIoT) entre outras (Gilchrist, 2016).

As novas formas de gestão e de modelos de negócios inerentes à I4.0 permitem estruturar melhor as organizações e os seus meios e recursos, desde logo em termos de interações com os seus fornecedores, mas também em termos de melhoria de níveis de desempenho e de segurança, quer intra quer entre empresas, através de um contexto de mercado global (Dubey et al, 2017).

A I4.0 segundo referido em (Tjahjono, et al., 2017) permite e potencia uma colaboração entre fornecedores, fabricantes e clientes, tendo um significado e papel crucial, por exemplo, para aumentar a transparência de todas as etapas por que os processos de fabricação e as máquinas subjacentes passam no fabrico de um dado produto, desde logo, facilitando o estabelecimento de configurações de sistemas de produção, bem como na definição de rotas de produtos, entre demais aspetos. Conforme referido em (Luthra e Mangla, 2018), no contexto de uma economia emergente, como é o caso da I4.0, o envolvimento, o apoio e o comprometimento de todos os *stakeholders* ao longo de uma rede colaborativa é fundamental para a compreensão dos impactos das decisões e atuações no mercado, a nível também da sustentabilidade, para além do impacto direto a nível da gestão das empresas, desde o nível estratégico ao nível operacional.

Porém, em (Wang et al., 2015) os autores referem que a eficácia da fabricação, na ótica das dimensões da sustentabilidade, revela não somente uma boa prática, na aplicação de abordagens de produção, como por exemplo de LM, entre outras, mas requer também que se recorra a apropriados modelo de negócio, a par de bons modelos de otimização para selecionar alguns procedimentos de entre um conjunto que permita atingir as boas práticas de fabricação sustentável, aos vários níveis de sustentabilidade, por forma a permitir às empresas atingir as suas metas. Em (Lee, Kao, e Yang, 2014) os autores abordam a inovação no modelo de serviços e análises inteligentes para I4.0, em ambiente de *Big Data*, realçando tendências de transformação dos serviços de manufatura com a prontidão de ferramentas inteligentes de informática preditiva para gerenciar, de forma transparente e integrada os níveis de produtividade nas empresas.

Uma revisão de conceitos de I4.0 em (Shrouf, Ordieres e Miragliotta 2014), relativamente a processos de gestão de energia na produção e com base em Internet das Coisas, permite diminuir custos operacionais, ao mesmo tempo que potencia uma produção altamente flexível em volume de produção e uma customização ampla, através de uma integração entre clientes, empresas e fornecedores, com vista à adoção de medidas sustentáveis. O ambiente em *Big Data*, segundo referido em (Lee et al., 2014), em uma comunidade colaborativa, se torna um desafio inevitável para as indústrias atualmente.

Uma rede inteligente, como mencionado em (Stock et al., 2016), permite combinar, dinamicamente, a geração de energia de fornecedores, usando energias renováveis com a demanda de energias de consumidores e conciliar todos os processos com fábricas e casas inteligentes, usando estoques de energias de curto prazo (*buffer*), através de em uma rede inteligente de gestão de consumos e de fornecimentos de energia.

Os efeitos dos sistemas de produção inteligentes e segundo as dimensões da sustentabilidade, segundo realçado em (Waibel et al., 2017), consistem na promoção de oportunidades, com base em recurso a abordagens e tecnologias de inteligência artificial, por forma a permitir intensificar a criação de valor dentro e entre negócios, através de comunidades de parceiros de negócio, operando no sentido de melhorar os desempenhos dos processos intra e entre empresas, a par de um aumento de recursos renováveis e, desta forma, potenciando a aplicação de políticas de economia circular. O crescimento efetivo em companhias, segundo referido em (Oettmeier e Hofmann, 2017) se expressa e se consegue através da adoção de tecnologias avançadas, também conhecidas como tecnologias exponenciais, a par de um uso de novos paradigmas e formas de fabricação, como a fabricação aditiva, que tem vindo a crescer fortemente durante a última década, no contexto da I4.0.

Enquadramento da Hipótese 5 (H5). A percepção das empresas industriais sobre a Sustentabilidade Ambiental estar positivamente relacionada com a I4.0.

Devido à direção inteligente de todos os processos de fabrico em (Waibel et al., 2017) investigam-se os efeitos destes novos modos de produção na dimensão ambiental da sustentabilidade, em que os autores afirmam que os sistemas de produção inteligentes podem ser conciliados com abordagens que visam a redução de desperdícios industriais. Adicionalmente, com pequenas quantidades produzidas de produtos, conforme mencionado em (Oettmeier e Hofmann, 2017) menor será a quantidade de materiais necessária, em cada ciclo de produção dos produtos, o que permitirá não intensificar as atividades associadas a tal produção, como a pré-montagem e os demais serviços, nomeadamente de transporte e armazenagem e, desta forma, promovendo ou libertando tempo e espaço para a exploração de outras funções e processos, por exemplo para direcionar a produção para uma mais ampla variedade de produtos e, desta forma, ir mais de encontro às necessidades dos clientes.

Segundo referido em (Stock e Seliger, 2016), as oportunidades de manufatura sustentável na I4.0, serão uma mais-valia fundamental para a dimensão ambiental e que passa por uma alocação eficaz e eficiente de recursos de produção, que se devem basear em análises inteligentes, porquanto visando a maximização da criação de valor industrial. Essas análises inteligentes, segundo referido em (Yang et al., 2014), conduzirão a novas tendências da indústria, no sentido de reduzir custos de mão-de-obra, no que se refere a atividades sem valor acrescentado e que, também são boas práticas que contribuem para um bem ambiental, ao mesmo tempo que se reduzirá um consumo energético, otimizando também os processos de gestão de manutenção de máquinas e equipamentos.

Existe um conjunto de outros estudos interessantes que propõem o uso de novas metodologias de produção tendo em vista uma preocupação com as dimensões da sustentabilidade, incluindo a dimensão ambiental (Wang et al., 2015; Fritzsche et al., 2018). Porém, conforme referido em (Fritzsche et al., 2018) há ainda uma grave lacuna a nível de conciliação de aspetos políticos e científicos, dado que um simples incentivo ao uso de tecnologias digitais, por si só, não conduz à adoção de práticas sustentáveis nas organizações industriais. Sendo assim, segundo Fritzsche et al., (2018) deverão fortemente promover-se medida de eficiência energética no setor industrial e apoiar a integração de energias renováveis (Lund e Mathiesen, 2019).

Uma produção com preocupações a nível da dimensão ambiental, no atual contexto da I4.0, segundo referido em (Jabbour, et al., 2018) deve ser um direcionamento geral das empresas, dado que, muito embora as novas abordagens e tecnologias possam ser um bom

contributo neste sentido, estas, por si só, não garantem sucesso a este nível (Hofmann e Rusch, 2017).

Adicionalmente, para atingir uma customização em massa eficaz, segundo (Zawadzki e Zywicki, 2016), torna-se também necessário proceder a um controlo eficaz da produção, na ótica de uso de abordagens orientadas à I4.0, mas também recorrer a práticas que permitam, desde logo, um apropriado processo de projeto, não só do produto, mas também dos processos de fabrico, nomeadamente recorrendo a processos de design e controlo de produção inteligentes, dado serem, atualmente, elementos necessários e fundamentais para se conseguir atingir o conceito de “fábrica inteligente” ou “fábrica do futuro” (*smart factory*). Mais ainda, a exploração deste conceito permitirá ainda garantir um melhor relacionamento e integração do cliente, na rede de *stakeholders* de uma empresa, nomeadamente numa empresa distribuída ou virtual (Almeida, et al., 2016; Varela and Ribeiro, 2014). Este tipo de empresas, também ditas ‘estendidas’ (*extended manufacturing environments*) (Santos, et al., 2014; Manupati, et al., 2017), potenciam ainda a produção de produtos variados e ‘personalizados’, através de processos integrados e bem sincronizados ou organizados.

Além disso, conforme referido em (Tseng et al., 2018), há também ainda lacunas importantes a resolver em termos de propostas de soluções operacionais, por forma a conduzir à otimização de dados e correspondentes processos de reciclagem, de reutilização e de reengenharia, que promovam uma verdadeira simbiose indústria-ambiente.

Enquadramento da Hipótese 6 (H6). A perceção das empresas industriais sobre Sustentabilidade Social estar positivamente relacionada com a I4.0.

A literatura mostra que a par das questões fundamentais que se colocam nas empresas, relacionadas com a gestão das operações e da produção, existem outras questões igualmente fundamentais, relacionadas com a gestão dos recursos humanos e que são questões que precisam de ser acauteladas, desde logo, ao nível mais alto da gestão estratégica das empresas.

Sendo assim, questões centrais para um bom funcionamento sustentável das empresas, requer que sejam adotadas políticas socialmente favoráveis e corretas, que potenciem o bom funcionamento de uma organização e da sociedade em geral. Pois, como mencionado em (Brettel, Klein e Friederichsen, 2016), é preciso existir a preocupação de existência de salários apropriados e justos a cada função numa empresa, por forma a promover atitudes justas e a realização de tarefas com máximo empenho, motivação e qualidade. Mais ainda, uma fábrica sustentável, segundo (Kiel, et al., 2017), na atual I4.0, requer uma extensão TBL (*Triple Bottom*

Line) para se qualificar na *IHOT*, ou seja, integração técnica de dados e informações no contexto público e político.

Em (Shamim, et al., 2016) é também realçada a importância de outras boas-práticas fundamentais para o sucesso social das organizações no atual contexto da I4.0, que, segundo os autores, passam também por potenciar a inovação e uma aposta em aprendizagem contínua, que promova o conhecimento, o crescimento e o bem estar e autoestima das pessoas, que devem ter as condições que lhes permitam evoluir nas empresas e na sociedade em geral, com condições de trabalho e de vida que sejam dignas e até inspiradoras, por forma a potenciar o seu desenvolvimento sustentável, na atual era da digitalização.

Mais ainda, em (Hirsch-Kreinsen, 2014) é também referido que as atuais novas tecnologias e os sistemas de produção ciberfísicos (CPS), devem potenciar uma mudança no trabalho, no sentido de permitir uma produção mais sustentável, não apenas ao nível das atividades operacionais, incluindo de manutenção, nas fábricas, mas também funções mais indiretas, sendo necessário proceder-se ao redesenhar de todo um ambiente socioeconómicos e técnico de produção, em paralelo.

Adicionalmente, em (Yang, 2014) são também mencionados exemplos interessantes de como se consegue conciliar, de forma sustentável, trabalho homem-máquina, sendo que o autor realça o papel do Homem nas empresas e sistemas de produção, nomeadamente no que refere ser um contributo importante e até fundamental, por exemplo, a nível de monitorização de condições de trabalho e de dados da produção, a par de processos mais automatizados de aquisição e processamento de dados, por exemplo, referentes aos produtos e às medições dos desempenhos de máquinas e de demais parâmetros de controlo digitalizados, sendo que é defendida uma visão de comunidade colaborativa, entre ação humana e o funcionamento das máquinas, como é também reforçado em (Duarte e Machado, 2017; Pfohl et al., 2017; Varela, et al., 2018; Putnik, et al., 2021a,b).

Por forma a contribuir para esta problemática, através de um dos objetivos principais deste trabalho, recorreu-se a dados primários, expressos numa base de dados recolhidos através de um questionário, que foi desenvolvido para o efeito, tendo-se recolhido uma amostra significativa de dados, para possibilitar uma análise efetiva, também desta questão da exploração da relação entre I4.0 e a dimensão social da sustentabilidade, a par da exploração das relações com as restantes dimensões da sustentabilidade com a I4.0, conforme se explora a seguir.

3.2. Definições dos construtos e variáveis manifestas

Esta secção encontra-se organizada no levantamento dos fatores contextuais para os construtos exógenos e endógenos e suas variáveis manifestadas. No final, será efetuado um resumo do modelo explicativo, que referirá os pontos a serem investigados no âmbito desta pesquisa.

3.2.1 Fatores contextuais para o construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X_1)

Devido aos objetivos do presente estudo a produção puxada ou *Pull* é um dos cinco conceitos base de LM considerados, assumindo-se como uma das três variáveis fundamentais deste trabalho. Tal deve-se ao facto de ser uma abordagem de LM que assume uma grande importância, na medida em que permite lidar com desafios importantes no contexto de empresas industriais e também de negócios e demais serviços e que se baseia numa forma de organização e processamento da produção centrada no cliente (Womack & Jones, 2003b; Dennis, 2008; Deif, 2012; Araújo, et al., 2018).

Sendo assim, este é considerado um dos conceitos fundamentais de LM e que é motivado, principalmente, por objetivos clássicos de redução de custos e tempos, ao mesmo tempo que visa promover a qualidade e a flexibilidade na produção das empresas, que, portanto, têm vindo a implementar esta filosofia de produção, como forma de tentar ultrapassar problemas e diversos desafios que enfrentam em geral, originados tanto ao nível do meio ambiente como também devido à forte relevância económica que tal filosofia tende a assumir (Herrmann, 2008).

Do inglês “*pull system*” ou produção puxada consiste em planear e controlar um sistema de produção e as operações fabris subjacentes, com vista a uma utilização de estoque mínimo, tanto de materiais como de em cursos de fabrico (Womack e Roos, 1990a).

Em resumo, através desta filosofia pull pretende-se que sistemas de produção consigam funcionar de forma otimizada e fluída, sempre que clientes coloquem os seus pedidos de encomenda, com base na utilização de trabalhadores qualificados e de preferência polivalentes, assim como através de um conjunto de máquinas, equipamentos, meios e demais recursos de produção flexíveis e otimizados, por forma a conseguir produzir produtos diversificados e com o menor custo e tempo possível, ao mesmo tempo que se tenta acautelar uma produção isenta de defeitos, com o objetivo de maximizar um bom relacionamento com os clientes, satisfazendo os seus requisitos e produzindo produtos de máxima qualidade, com base em recursos de máxima eficácia, eficiência e fiabilidade (Womack e Roos, 1990^a; Dennis, 2008; Glauco, et al., 2008).

Uma outra questão fundamental, segundo, (Putnik, et al, 2015) na gestão da produção, é saber “o que o cliente quer?” (tanto o cliente interno, dos próximos passos da produção, quanto o cliente final), porquanto uma boa abordagem consiste na aplicação de um método de estudo para tenta chegar a uma decisão ou conjunto de decisões apropriadas, que permitam responder a todos os "porquês", ao "como fazer" e "o quê fazer", em cada instante da produção.

Sendo assim, deve promover-se e permitir uma visão holística sobre os diversos tipos de eventos da vida real, que incluem análise detalhada dos ciclos de vida, não só dos produtos e dos processos fabris, mas também de toda uma organização, no sentido de promover a sua maturação e o desenvolvimento de novas estratégias industriais e de negócio.

Segundo (Araújo et al., 2018; Varela et al., 2019), é também necessário compreender a complexidade que advém de uma gestão de riscos envolvidos nos processos de uma empresa, além do conhecimento total acerca da organização e dos seus sistemas de produção para se conseguir averiguar o quão importante será manter uma lógica de produção orientada a *LM* ou haver a necessidade de dar início a um processo de transformação mais ambicioso, no sentido de engrenar rumo à I4.0.

Um exemplo de um sistema de produção do polo industrial de Manaus, que foi reformulado, no sentido de avançar para este rumo à I4.0 é o que se apresenta na Figura 7. Modelo produção puxada readaptada a I4.0. Trata-se de um sistema inteligente e automatizado, através do qual foi então possível transição ‘suave’ para a I4.0, com apoio de uma equipa de especialistas do MIT², que consiste num movimento corporativo que possibilita uma visão mais ampla e ativa para a incorporação de graus de inovação e o desenvolvimento de um crescente potencial dos profissionais e sistemas de produção rumo à I4.0.

² Manaus Instituto de Tecnologia – MIT Negócios Sustentáveis Araújo et. al (2018) Modelo de Projeto Sistema Inteligente e Automatizado para Produção Industrial.

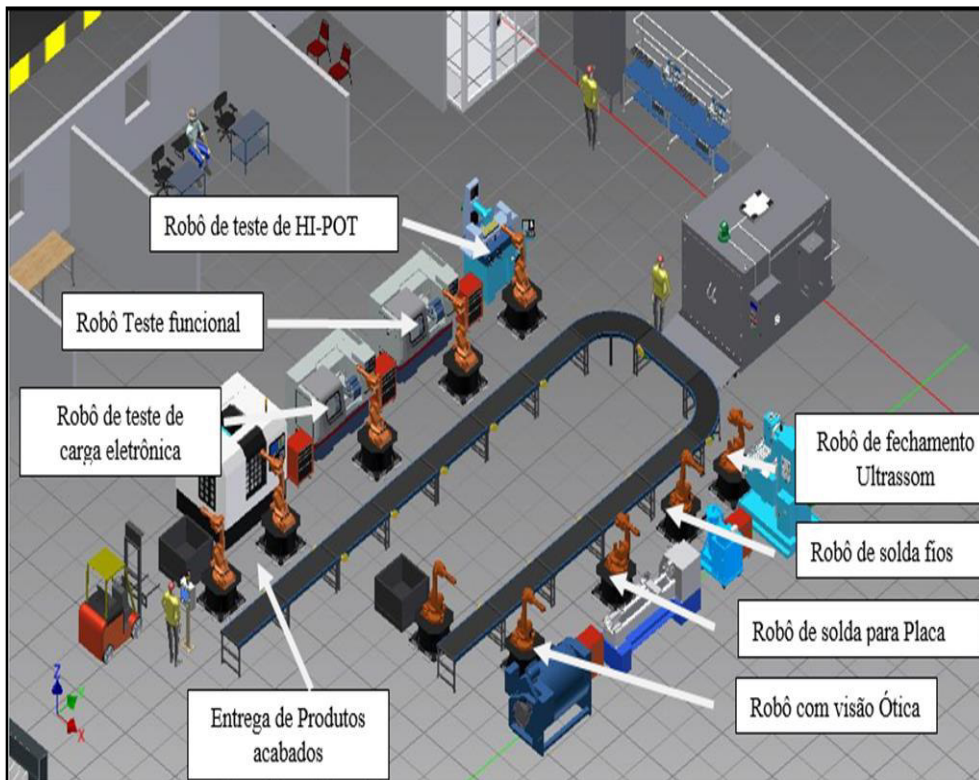


Figura 7. Modelo produção puxada readaptada a I4.0.
(Adaptado Araújo, et. al, 2018).

Neste projeto mencionado o controlo de o quê? quando? e como produzir? é também determinado pelas quantidades dos produtos em estoque, tratando-se, portanto, de um modelo de produção híbrido e não puramente *pull*, assim a operação final do processo “percebe” a informação da quantidade de produtos vendidos aos clientes versus o que ainda existe em estoque e face a essa informação, produz o necessário para repor o consumo ocorrido por forma a manter um determinado nível de estoque de segurança.

Porém em um cenário desta natureza os profissionais atuantes deverão ter a competência para verificar os diferentes impactos que este modelo híbrido tem nas empresas e nos respetivos sistemas de produção, por forma a, adequadamente, proceder á priorização das encomendas, no sentido de tentar obter decisões o mais sensatas e equilibradas possível, por forma a evitar baixas de produção e despedimentos, entre outros potenciais problemas que podem advir da adoção destes novos modelos de produção e de negócio (Rother & Shook, 2003).

Através desta pesquisa é possível perceber a importância e o impacto de um início de transformação do sistema tradicional do tipo “Produção Puxada” ou *Pull* para um sistema de produção completamente automatizado, que, em termos gerais continua a ter subjacente princípios de funcionamento ditados pela sua origem no *LM*.

3.2.2 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X2)

Desde logo o Sistema Toyota, de acordo com (Ghinato, 1995) foi criado para um tipo de controlo da qualidade visando zero defeitos (CQZD), que consiste num método racional e científico, onde se identifica as causas das falhas e se elimina estas. O mesmo autor diz ser possível distinguir quatro aspetos fundamentais, sendo a utilização da inspeção na fonte, utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem, a redução do tempo decorrido entre a deteção do erro e a ação a ser tomada, e o reconhecimento e consciencialização de que os operadores cometem erros, entre outros, procedimentos que podem ter aplicados através de abordagens apropriadas para o efeito, que privilegiam um método de inspeção na fonte baseada em princípios *Poka Yoke* (Lee-Mortimer, 1991).

Esta filosofia, *poka yoke*, considera que a qualidade total (zero defeitos) é obtida através de ações objetivas através de dispositivos físicos e não pela exortação em busca da perfeição (Corrêa & Corrêa, 2007). O autor ainda enfatiza que somente aplicar a inspeção significar apenas que os erros são encontrados, mas não a origem deles. Adicionalmente, a inspeção na fonte é um processo que consome tempo e geralmente obriga à instalação de dispositivos físicos de controlo, e, portanto, outras formas de prevenções de defeitos podem e devem ser usadas para então encontrar a sua origem ou causa e assim analisar a melhor forma para a sua redução ou, se possível, a sua eliminação (Lee-Mortimer, 1991).

3.2.3 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_1) e a variável manifesta (X3)

As abordagens aos sistemas de medição do desempenho de sistemas de produção, nomeadamente no que se refere à ocorrência de falhas (Henley, 1984; Chester, Lamb e Dhurjati, 1984; Niida, 198; Rich, Venkatasubramanian, Nasrallah e Matteo, 1989) são frequentemente conseguidas com base em sistemas especialistas de diagnóstico. Os objetivos deste tipo de sistema consistem, em primeiro lugar, em classificar ou categorizar as razões dos problemas de falhas observados como por exemplo, um erro do operador ou uma falha do equipamento ou perturbação do sistema e em segundo, o sistema especializado oferecer soluções prescritivas para restaurar o processo à operação normal.

Conforme Corrêa e Corrêa (2007) o seu proposto, em *ZQC (Zero Quality Control)*, permitirá realizar uma inspeção a 100% na fonte, para a identificação de falhas e as correções das causas e, assim, a criação de ações efetivas, que permitam uma nova identificação de ocorrência das falhas e, desta forma, evitar que as mesmas se tornem em defeitos. O conhecimento das causas e efeitos dos problemas permite diminuir a sua ocorrência, reduzindo assim custos desnecessários (Fabio et al., 2015), pois pode-se dizer que o desejo de controlo dos processos

industriais acompanha o homem desde a criação das primeiras máquinas e continua a ser uma forma importante de atuação nos sistemas de produção.

Desde o início da implantação do *LM*, através do *TPS*, que se tem vindo a verificar um aumento na quantidade de variáveis estudadas a nível de análise de viabilidade de produção, para manter um determinado preço competitivo dos produtos no mercado (Herrmann, 2008). Sendo assim, pode-se afirmar que, a confiabilidade de um processo ou produto sofre alterações com o passar do tempo e por isso precisa ser monitorada constantemente.

As falhas apresentadas por um sistema ou processo de produção estão então diretamente relacionadas com a confiabilidade de um sistema de produção e estas podem ocorrer ao longo de todo o tempo de vida, de um ou vários tipos de produtos, e dos correspondentes processos inerentes ao sistema de produção em causa para os produzir, ou seja, no início da fase de maturidade e/ ou no fim (Herrmann, 2008). Em paralelo com o decurso deste tempo de vida, ocorre também o conceito de sustentabilidade empresarial, que envolve o seu desempenho económico, ambiental e social.

Podem existir certos conflitos entre as metas estabelecidas por uma dada empresa e seu sistema de produção versus processos, nomeadamente no que concerne à implementação do conceito de *LM*, através de mais uma variável importante, relativa às falhas, bem como a aspetos ambientais, nomeadamente no que concerne ao consumo de energia, para além de outros aspetos ao nível de certas medidas de impacto na produção *LM*, em um conjunto de outras variáveis económicas e sociais (Herrmann, 2008).

3.2.4 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X_4)

A era do *big data* já é realidade para as empresas e indivíduos, que procuram na literatura sobre o tema, que tem crescido rapidamente e vindo a ser reforçado durante os últimos anos. Sendo assim, em (Furlan, 2017) o termo “*big data analytics*” é explorado, tendo vindo a ser crescentemente utilizado por grupos distintos na comunidade científica atual, por exemplo, em temas relacionados com a mineração de dados, para o processamento, análise e gestão de dados, na geração de conhecimento e ainda combinados com outros aspetos diversos. Nomeadamente, como a estratégia e análise de negócios pela influência da tecnologia e do comportamento humano nas alterações sociais, Internet das Coisas e das Coisas Industriais (*IoT e IIoT*) (Furlan, 2017).

O termo *big data* basicamente envolve grupos de estudos, nas mais diversas áreas científicas, nomeadamente a nível de melhorias relacionadas com cadeias de suprimentos e de valor (*global supply chains*), bem como a nível das correspondentes redes de negócio global

(*global supply networks*). Tais grandes volumes de dados referem-se muitas vezes também a dados complexos ou heterogêneos, ocorrendo em ambientes ou redes complexas e sendo provenientes de múltiplas e autônomas fontes, com controlos distribuídos e descentralizados (Mcafee & Brynjolfsson, 2012; Wu, et al., 2014; Zhang, et al., 2014).

O *big data* também é responsável pelo controlo de todas as máquinas/ robôs e manipuladores, como por exemplo, no caso de uma linha automática de produção que foi alvo de estudo em Araújo et al. (2018), através do uso de um processador ARM córtex A9, através do qual surgiram diferentes interfaces de dados e controlos que foram possíveis de experimentar para efetuar uma análise do tipo “*big data analytics*”. O sistema de automação interagiu num conjunto de *software*, em tempo real, para gerenciar processos e analisar benefícios, através do processamento e análise de um grande e diversificado volume de dados, o que permitiu um aumento considerável dos índices de produção e a redução de falhas na fonte em cerca de 30%, a par de uma redução do custo com mão-de-obra em cerca de 60% e a redução de desperdícios em material, em cerca de 20%.

3.2.5 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X5)

Segundo Pérez, (2010) um robô consiste num mecanismo computadorizado, que pode executar trabalho e interagir com o ambiente ao seu redor, através de uma combinação de comandos previamente programados de acordo com um determinado plano de produção a ser executado e a ser transmitido ao robô em tempo real. Estes tipos de recursos nos processos de produção estão assumindo uma importância cada vez maior e atualmente, estes processos de fabrico manuseiam produtos e materiais, que eram em tempos mais remotos essencialmente tarefas realizadas através da força humana, com auxílio em recursos e equipamentos específicos.

Foi então que, mais recentemente, o mundo assistiu ao surgimento de novos sistemas e mecanismos de transporte (Pakdaman & Sanaatiyan, 2009; Alvez, 2010), com maior eficiência e eficácia na produção ao nível da otimização de uma produção automatizada, com base em movimentação automática de materiais dentro de uma fábrica, utilizando veículos guiados automaticamente, vulgarmente designados por *AGV (Automatic Guided Vehicle)*, em que estas tarefas de transporte são então completamente automatizadas e realizadas por robôs. Adicionalmente, um conjunto mais alargado de vantagens advêm de sistemas robóticos ou robotizados, desde o desenvolvimento do projeto na planta de fábrica até à produção propriamente dita e, subsequentemente, para a expedição dos produtos, como mencionado (Pakdaman & Sanaatiyan, 2009; Alvez, 2010).

Conforme referido em (Campbell, et al., 2007), há também grande vantagem no uso de sistemas automatizados no desenvolvimento de novos produtos, associadas a uma maior flexibilidade de concepção e operação, que advém da capacidade de programabilidade e inteligência sendo que: “a capacidade sensorial de processar informações e de um auto monitoramento, aliados a uma capacidade acrescida de autodiagnósticos de falhas e ainda o tão desejado elevado grau de precisão e de confiabilidade” justificam o uso deste tipo de automatismos. Outras vantagens de um sistema robótico e o seu grau de produtividade, bem como um aumento da qualidade no produto final, porquanto se consegue uma redução da demanda de mão-de-obra especializada e uma crescente capacidade de operação em ambientes hostis e perigosos ao homem (Campbell et al., 2007).

Relativamente às desvantagens apontadas a um sistema robótico, estas prendem-se, essencialmente, com os elevados custos de operação, para além dos elevados investimentos iniciais, muito embora estes possam ser subsequentemente amortizados, durante o seu tempo de uso e não seja comparáveis as limitações humanas, relativamente às de um robô, para além das grandes valências destes últimos em termos de capacidades de memória e de aprendizagem, que são aspetos fundamentais na capacidade de decisão, bem como na realização de alguns tipos específicos de movimentos e operações, que requerem muito elevado grau de precisão e qualidade (Campbell et al., 2007).

3.2.6 Fatores contextuais para construto exógeno (ξ_2) e a variável manifesta (X6)

Atualmente, face à forte e crescente digitalização, como referido em (Wang et al., 2016; Liao et al., 2017), os sistemas e processos de produção estão a sofrer alterações significativas, dado que a I4.0 está tendo um forte impacto na forma de funcionamento e gestão das empresas.

Novamente, na atual era da I4.0, a competitividade entre as empresas tende a aumentar e até ainda mais significativamente, sendo assim, tendem a reduzir-se as necessidades de medições manuais, ao mesmo tempo que se reorganizam processos e se tem especial atenção à criação de todas as condições de trabalho, incluindo a sua preparação, como mais-valias importantes para as empresas (Wolff, 2015).

Os atuais níveis de competitividade relatados através de publicações diversas, fazem sentir o enorme impacto, através das cadeias e redes de valor, da integração de diversos sistemas de produção, que tendem, cada vez mais, a ser descentralizados e distribuídos (Wolff, 2015).

Os conceitos mais recentes de Produção Urbana (ou *Urban Production*) são também uma nova forma de atuação nos mercados, através de contribuições de indivíduos, que se

propõem explorar um dado negócio, através do estabelecimento de relações, através de plataformas colaborativas e redes sociais, por forma a fazer uso de potenciais *stakeholders* nos seus processos, desde logo, fornecedores de materiais, no sentido de permitir o desenvolvimento de negócios, essencialmente com recursos on-line, através da internet, que permitem a criação e exploração de ideias, que passam por processo afina aos demais processos de negócio, desde a fase de projeto, passando pela produção e até à distribuição e, eventualmente, à sua reengenharia, através de mecanismos e processos do tipo ‘*end-to-end*’ (Wang et al., 2016; Liao et al., 2017).

Sendo assim, a jeito de resumo geral desta secção, pode referir-se que, até à década de 1940 os sistemas fabris eram operados essencialmente de forma manual e, tipicamente, através de um grande número de operadores, os quais se valiam de alguns poucos instrumentos mecânicos elementares e que eram usados na produção e no seu controlo.

Porém, progressivamente (Gutierrez & Pan, 2008) e com especial impacto ao longo das últimas décadas, o ritmo está acentuado na sociedade e nos sistemas de produção, conduzindo a perfis de processos e de trabalhos tecnológicos do tipo *point-to-point* e *end-to-end*, alicerçadas na internet de todas as coisas (como IoT e IIoT), por forma a permitir a operação integrada e inteligente ao mesmo tempo que autónoma, dinâmica, ágil e em tempo real, de todos os tipos dados e conhecimentos necessários, num contexto vasto à escala global de mercados (Müller, 2018).

3.2.7 Fatores contextuais para construto endógeno (η_1) e as variáveis manifestas (Y1), (Y2) e (Y3)

Decorrente da revisão da literatura efetuada no capítulo 2, em que se tinham identificado as principais influências das duas filosofias produtivas na vertente económica da sustentabilidade, verificaram-se que vários trabalhos referiram como principal efeito económico o lucro, o volume de faturação, e a quota de mercado. Desta forma, para o construto endógeno – sustentabilidade económica (η_1) foram consideradas três variáveis manifestas: o lucro (Y1); o volume de faturação (Y2); e a quota de mercado (Y3).

3.2.8 Fatores contextuais para construto endógeno (η_2) e as variáveis manifestas (Y4), (Y5) e (Y6)

Decorrente da revisão da literatura efetuada no capítulo 2, em que se tinham identificado as principais influências das duas filosofias produtivas na vertente ambiental da sustentabilidade, verificaram-se que vários trabalhos referiram como principal efeito da

sustentabilidade ambiental o consumo de energia, a economia circular, e as práticas ambientais partilhadas com os parceiros. Desta forma, para o construto endógeno – sustentabilidade ambiental (η_2) foram consideradas três variáveis manifestas: o consumo de energia (Y4); a economia circular (Y5); e as práticas ambientais partilhadas com os parceiros (Y6).

Decorrente do exposto importa explicar porque não foi considerado a o desperdício como variável manifesta do construto endógeno – sustentabilidade ambiental. Apesar de haver uma clara consciência da importância que a redução do desperdício assume em muitos dos sistemas produtivos, também é verdade que muitos dos sistemas o consideram como uma redução de custos, o que poderia colidir com alguma das variáveis manifestas do construto económico.

3.2.9 Fatores contextuais para construto endógeno (η_3) e as variáveis manifestas (Y7), (Y8) e (Y9)

Decorrente da revisão da literatura efetuada no capítulo 2, em que se tinham identificado as principais influências das duas filosofias produtivas na vertente da ambiental da sustentabilidade, verificaram-se que vários trabalhos cobriram o conjunto de efeitos da sustentabilidade social, pelo que a escolha dos três construtos foi apoiada pela sensibilidade dos autores nessa matéria. Desta forma, para o construto endógeno – sustentabilidade social (η_3) foram consideradas três variáveis manifestas: a remuneração salarial (Y7); as condições de trabalho (Y8); e a sociedade envolvente (Y9).

3.2.10 Resumo dos construtos e das variáveis manifestas

Com base nas justificações apresentadas anteriormente apresentam-se a seguir, na Tabela 8, as variáveis manifestas dos dois construtos exógenos, LM (ξ_1) e I4.0 (ξ_2) considerados no modelo deste trabalho.

Tabela 8. Modelo explicativo dos construtos exógenos.

CONSTRUTOS EXÓGENOS		VARIÁVEIS MANIFESTAS
1	LM (ξ_1)	Produção Puxada (X1)
2		Defeitos do Produto (X2)
3		Falhas (X3)
4	I4.0 (ξ_2)	Big Data (X4)
5		Robôs Autónomos (X5)
6		Digitalização (X6)

Do mesmo modo, apresentam-se a seguir, na Tabela 9, as variáveis manifestas dos três construtos endógenos, sustentabilidade Económica (η_1), Ambiental (η_2), e Social (η_3), considerados no modelo deste trabalho.

Tabela 9. Modelo explicativo dos construtos endógenos.

CONSTRUTOS ENDÓGENOS		VARIÁVEIS MANIFESTAS
1	Sustentabilidade Económica (η_1)	Lucros (Y1)
2		Volume de Negócios (Y2)
3		Participação de Mercado (Y3)
4	Sustentabilidade Ambiental (η_2)	Consumo de Energia (Y4)
5		Economia Circular (Y5)
6		Práticas Ambientais com Parceiros (Y6)
7	Sustentabilidade Social (η_3)	Remuneração Salarial (Y7)
8		Condições de Trabalho (Y8)
9		Sociedade Envolvente (Y9)

3.3. Metodologia de equações estruturais para análise do modelo

O Modelo de Equações Estruturais necessita de 7 passos para chegar ao resultado esperado além disso, necessita de cálculos relativamente complexos para sua estimação, por conta dessa complexidade, por forma a que as análises sejam consistentes para os dados recolhidos devem obedecer a uma estratégia de análise bem definida e estabelecida à priori em (Marôco, 2010).

A experiência mostra uma organização, para analisar as etapas da modelagem de equações estruturais segundo apresentado na Figura 8, que consiste em aprofundar os dados que vão ser o enquadramento da aplicação da metodologia de equações estruturais, com grande precisão e rigor, e uma forma sistemática e que foi então usada para a construção do modelo neste trabalho de tese.

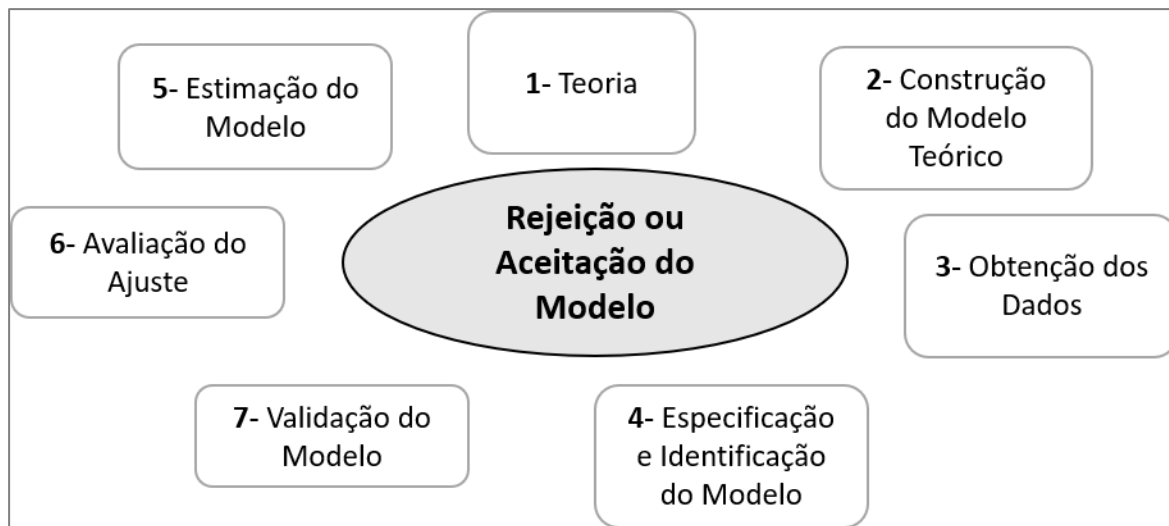


Figura 8. Etapas da Modelagem de Equações Estruturais.
Fonte: Adaptada pelo autor de Marôco (2010).

Através destas etapas o objetivo geral deste relatório, começa, desde logo, no sentido de representar um modelo teórico que permita a identificação de relações causais e/ ou hipotéticas entre variáveis, de modo a ser possível validar a premissa teórica que a presente pesquisa pretende demonstrar, a saber, a relação entre os conceitos de LM e *Industry 4.0* na Sustentabilidade revendo atitudes (Económica, Ambiental e Social).

Neste sentido, recorreu-se ao uso da técnica de modelagem denominada *Structural Equation Modeling* (SEM) [88,89]. Essa metodologia ou técnica é identificada como consistindo numa análise multivariada, geralmente expressa através de modelos lineares, como por exemplo em IBM (2016) e Anderson (1989).

Neste trabalho, a análise é dividida em duas partes:

- **Análise Fatorial Confirmatória** (AFC), calcula e especifica como os construtos são medidos a partir das variáveis manifestas que são as normas para os resultados do modelo de mensuração.
- **Análise do Modelo Estrutural** (SEM), é estabelecido por dois modelos Bollen, (1989) e Hoyle (1995), portanto, fazendo uso de um Modelo de Medição e de um Modelo Estrutural:

O **Modelo de Medição** (MM) estabelece as relações entre os construtos e suas variáveis manifestadas, exibindo os resultados por meio da realização da AFC de hipóteses sobre a estrutura fatorial, que pode explicar as correlações entre as variáveis manifestas (Marôco, 2010a). Neste sentido a AFC pode ser utilizada na validação fatorial de um instrumento de pesquisa (Marôco, 2010a), sendo a técnica escolhida para validar o instrumento proposto nesta pesquisa.

No Modelo Estrutural (SEM) a relação entre construções exógenas e endógenas, é definida e então é estabelecida a influência (direta ou indireta), que os construtos exógenos aplicam nas construções endógenas descrevendo uma estatística das variáveis segundo esta natureza. No desenvolvimento do presente trabalho, utilizou-se o software IBM SPSS Amos, versão 24, da IBM Corp., 2016 para empregar o método SEM usando o banco de dados que será analisado no Capítulo 6 que poderá ajudar a responder duas questões:

- Quais variáveis são mais fortes na relação entre I4.0 e os três pilares da Sustentabilidade?

- Está confirmado que exista uma relação entre LM e Sustentabilidade?

Atualmente, um dos programas de análise estatística mais utilizados no mundo, o SPSS, é propriedade da IBM, sendo quem possui os direitos de venda, distribuição e desenvolvimento da ferramenta e que foi uma ferramenta usada neste trabalho. Devido à sua notoriedade, conforme referido anteriormente, existem diversas outras ofertas no mercado de software para aplicação do SEM, desde software licenciado até aos gratuitos, sendo possível escolher por entre uma panóplia considerável de opções.

Mas não só a diferença dos softwares está relacionada com o licenciamento, também os métodos utilizados pelos mesmos diferem, outros mais utilizados e conhecidos são os softwares que utilizam os métodos baseados na minimização da diferença entre a matriz das covariâncias ou correlações da amostra e a matriz correspondente do modelo teórico. Entre estes encontramos os seguintes softwares: LISREL (Linear Structural Relations), AMOS, EQS, Mplus e Lavaan. Existe também um software largamente conhecido e bastante discutido que utiliza o método de Partial Least Squares (PLS), em português Mínimos Quadrados Parciais, utilizado, geralmente, quando não existe distribuição normal nos dados e não é possível explicar as covariâncias de todas as variáveis (Vilares, & Coelho, 2005).

Poder-se-ia apresentar muitos outros softwares que se encontram no mercado, mas devido ao propósito e objetivo deste estudo esta breve apresentação dos softwares supramencionados é considerada. Não existe um único teste estatístico que melhor avalie a qualidade do modelo de AFC e, como tal, têm sido desenvolvidas várias medidas para avaliar a qualidade do ajustamento, a partir de três perspetivas (Marôco, 2010a): i) teste de significância à função de discrepância (Teste do Quiquadrado); ii) índices “empíricos” de qualidade de ajustamento; e, iii) análise de resíduos, estimativa de parâmetros e fiabilidade individual de indicadores.

3.3.1 SPSS AMOS

O SPSS Amos permite especificar, estimar, avaliar e apresentar modelos para mostrar relacionamentos hipotéticos entre as variáveis (IBM, 2016), possibilita a construção de modelos de maneira mais precisa do que com técnicas de estatísticas com multivariáveis. Permite, também, que sejam construídos modelos comportamentais que refletem os relacionamentos complexos desta forma:

- **Fornecer** modelagem de equação estrutural (SEM) permite comparar, confirmar e refinar facilmente o modelo.
- **Usar** análise bayesiana - para melhorar as estimativas de parâmetros de modelo.
- **Oferecer** vários métodos de imputação de dados - para criar diferentes conjuntos de dados.

É possível construir modelos explicativos de comportamentos e de atitudes que revelem realisticamente quais as relações existentes por mais complexas que sejam, também possibilita analisar simultaneamente dados oriundos de populações diferentes.

A opção visual e interativa do Amos torna fácil a sua utilização e a sua aprendizagem, sendo possível criar diagramas representativos da análise usando a ferramenta de desenho, permite a utilização de **análise fatorial confirmatória** especificar e testar o padrão dos fatores. Por este motivo no desenvolvimento do presente trabalho foi utilizado o **software IBM SPSS Amos**, versão 24 (IBM Corp., 2016a) devido a apresentar-se como um dos mais conceituados softwares de SEM e devido à existência de uma **licença do mesmo na Universidade do Minho** (entidade que acolhe este estudo).

O SPSS Amos permite especificar, estimar, avaliar e apresentar modelos para mostrar relacionamentos hipotéticos, entre as variáveis e possibilitar a construção de modelos mais precisos do que recorrendo a outras técnicas estatísticas, ainda que multivariadas, mas mais simples. Sendo assim, através deste software foi possível construir modelos descritivos e comportamentais que refletem relacionamentos complexos, como:

- a Modelagem de Equação Estrutural (SEM), que permite comparar, confirmar e refinar facilmente o modelo de base construído.
- a Análise Fatorial Confirmatória (AFC), para melhorar as estimativas de parâmetros do modelo.
- e vários outros métodos de imputação de dados e criação de diferentes conjuntos de dados.

3.3.2. Tipos de variáveis em SEM

Para realizar a análise pretendida, serão realizadas duas etapas:

1a) Uma análise fatorial exploratória que visa identificar os fatores latentes, a análise de dados consistirá na identificação de construtos ou variáveis latentes causais do comportamento das percepções e influências em LM, I4.0 e Sustentabilidade através da Modelagem de Equações Estruturais.

2a) Uma análise fatorial confirmatória, através da modelagem de equações estruturais, que visará confirmar a estrutura de relações causais teorizadas pelos resultados da análise fatorial exploratória, realizada na primeira etapa.

Como SEM tem uma linguagem própria, sua nomenclatura se diferencia muito da forma normalmente utilizada em outras técnicas estatísticas, tanto nas variáveis, quanto nos gráficos e também, em outros aspetos que envolvem as análises. Desta forma, no caso do presente estudo, variáveis conceituais podem ser representadas ou medidas através de uma ou mais variáveis observadas (doravante designadas por variáveis manifestas) que foram obtidas com dados diretos da ferramenta de recolha de dados (através do questionário desenvolvido para o efeito e que será apresentado mais adiante neste relatório).

Por sua vez, as variáveis latentes, fatores ou construtos são variáveis que não podem ser medidas e são obtidas por sugestões das variáveis manifestas, isto é, para se obter os dados dos construtos deve-se ter os dados do conjunto de variáveis manifestas. As variáveis observadas e latentes, podem ser classificadas como variáveis independentes ou exógena ou variáveis dependentes ou endógenas, respetivamente.

As primeiras causam flutuações em outras variáveis no modelo e as mesmas podem ser influenciadas por fatores externos ao modelo. As Endógenas são as variáveis influenciadas pelas exógenas e a variação destas variáveis é explicada pelo expresso na Tabela 10, onde são apresentadas as variáveis, que se escrevem então, formalmente, da seguinte forma:

Tabela 10- Expressão formal SEM.

Item	Variáveis Exógenas	Variáveis Endógenas
Variáveis Manifestas	$\delta_{_1}$ até $\delta_{_6}$	$\varepsilon_{_1}$ até $\varepsilon_{_9}$
Construtos	(ξ_1) e (ξ_2)	(η_1) ; (η_2) e (η_3)

Em que:

- δ representa o vetor ($q \times 1$) dos erros de medida de χ

- ξ representa o vetor ($s \times 1$) das s variáveis latentes independentes ou preditoras;
- η representa o vetor ($r \times 1$) das r variáveis latentes dependentes;

3.3.3. Modelo de Equações Estruturais

No Modelo de Equações Estruturais o modelo linear, que estabelece relações entre as variáveis observadas e latentes é estabelecida por dois “sub”- modelos: o Modelo de Medida e o Modelo Estrutural.

O Modelo de Medida (MM) estabelece as relações entre os construtos e as variáveis manifestas, no qual o construto é formado pelas variáveis manifestas através da efetivação da Análise Fatorial Confirmatória (AFC), que calcula e avalia como os construtos são medidos a partir das variáveis manifestas.

A modelagem de Equações Estruturais permite tratar todas hipóteses juntas, o que nenhuma outra técnica multivariada permite, além disso, consegue representar variáveis que não podem ser medidas diretamente, através de grupos de outras variáveis denominadas Construtos latentes ou variáveis latentes e **SEM** estima, separadamente, uma série de equações de regressão múltiplas, mas interdependentes simultaneamente, dependendo da especificação do modelo estrutural usado pelo programa estatístico (Hair et al., 2005). Segundo estes autores, outra vantagem é que suas suposições são mais fáceis de serem atendidas do que a maioria das outras técnicas multivariadas.

Neste caso, o objetivo foi utilizar a análise fatorial confirmatória, com caráter exploratório a fim de obter o modelo que melhor se adequa aos dados.

No Modelo Estrutural (ME) é definida a relação entre os Construtos exógenos e endógenos, sendo neste modelo estabelecida a influência (direta ou indireta) que os Construtos exógenos exercem sobre os Construtos endógenos.

Assim, se a relação de causa e efeito existir, as ligações dos Construtos do modelo teórico e relações entre Construtos que contém as variáveis de respostas, representarão especificações e associações estabelecidas. Trata-se de um cálculo de sistemas de equações simultâneas, ou seja, agrupar um conjunto de variáveis que possam ser determinadas, simultaneamente, pelo conjunto restante de variáveis.

3.3.4 Índice de Ajuste do Modelo

De acordo com Marôco, (2010a) os índices absolutos avaliam a qualidade do modelo em si, sem comparação com outros modelos, para conseguir o modelo hipotético bem ajustado

e contornar as limitações do teste, pelos índices de ajustamento do modelo, foram escolhidos os índices abaixo:

- **CMIN/DF** - Resulta do quociente do qui-quadrado pelos graus de liberdade, considera-se muito bom se for igual ou inferior a 1, bom entre 1 e 2, sofrível entre 2 e 5 e mau se for superior a 5.
- **GFI (Goodness-of-fit Index)** - Explica a proporção da covariância observada entre as variáveis observadas, explicada pelo modelo ajustado.

A medida fundamental da qualidade do ajustamento é o teste do Qui-quadrado (χ^2), que serão apresentados nos resultados do Capítulo 6.2, os índices de discrepância populacional, continuando com Marôco, (2010a), comparam o ajustamento do modelo obtido entre as médias e variâncias da amostra e as que seriam obtidas da população. Usualmente, têm-se em conta:

- **NCP (Parâmetro da não-centralidade)** - Reflete o grau de desajustamento do modelo proposto, para a estrutura de variância-covariância observada, o ajustamento será tanto melhor quanto menor for o valor de NCP, sendo que um valor de zero revela um ajustamento perfeito.
- **RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)** - Segundo Hair Jr., Anderson, Tatham & Black (2005a) trata-se de uma medida que tenta corrigir a tendência da estatística qui-quadrado, em rejeitar modelos com amostras de grandes dimensões, considera-se muito bom se for igual ou inferior a 0,05, bom entre 0,05 e 0,08, medíocre entre 0,08 e 0,10 e inaceitável se for superior a 0,10 (p - valor $\geq 0,05$).

Índices Baseados na Teoria da Informação na visão de Marôco, (2010a), são índices que penalizam o modelo em função da sua complexidade, revelando-se adequados na comparação de vários modelos alternativos que se ajustem igualmente aos dados. O melhor modelo é aquele que apresentar os valores menores num ou em mais índices, sendo os mais habituais como o que foi usado neste trabalho:

- **AIC-** (Akaike Information Criterion)
- **ECVI-** (Expected Cross-Validation Index)
- **HOELTER-** O Índice de Ajustamento de HOELTER ou N Crítico indica o maior número para o tamanho da amostra para que se confiem nos resultados do Qui-quadrado. O AMOS fornece o N crítico nos níveis de significância de 5% e 1%.

- **FMIN-** (Função de Discrepância Mínima) tem o objetivo de estabelecer a precisão da estimativa do parâmetro de não centralidade, é utilizado como um intervalo de confiança.

3.3.5 Representação gráfica

A representação gráfica é uma das técnicas utilizada para melhor entender e demonstrar determinada ideia, conceito ou modelo SEM, estabelece e compreende uma norma para a representação gráfica do modelo, através de um conjunto de símbolos e regras de representação é possível apresentar os diversos tipos e classes de variáveis (manifestas, Construtos, exógenos e endógenos) e as ligações existentes (relações e correlações). A Figura 9, ilustra de que forma os diferentes elementos de um modelo são graficamente representados.

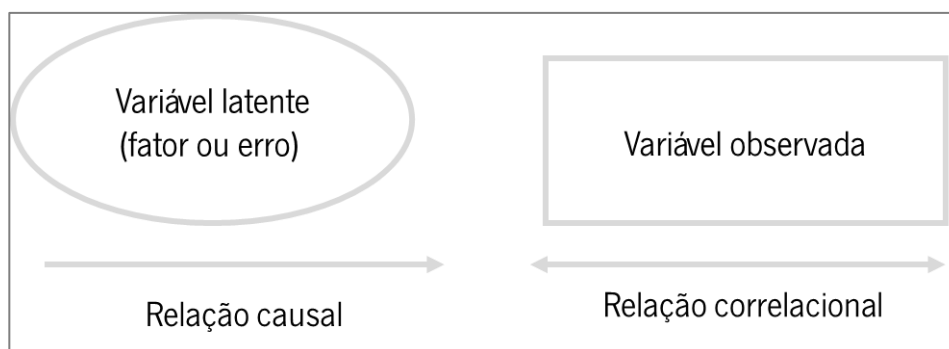


Figura 9. Representação gráfica para um modelo de equações estruturais.

Devemos também ter presentes algumas condições base, como o número de parâmetros livres deve ser menor ou igual que o número de observações. Além disso, cada fator tem que ter uma escala, pois as variáveis latentes não são diretamente medidas e é necessário atribuir-lhes uma escala, fixando a **variância de um fator igual a uma constante geralmente 1**.

3.4. O questionário e a amostra

O principal método de pesquisa para recolha dos dados neste estudo foi então baseado num inquérito desenvolvido e disponibilizado *online* (<https://survey.intquest.de/index.php/94743?lang=pt>).

A vantagem associada à disponibilização do inquérito como método de recolha de dados, resulta por um lado, da novidade do modelo e da inexistência de fontes secundárias e, por outro, para permitir, mais facilmente, difundi-lo e também avaliar determinadas características do comportamento das empresas em uma maior população alvo, através de um conjunto de questões uniformizadas.

Adicionalmente, sendo uma ferramenta estandardizada, flexível e muito fácil de usar, tornou também possível acomodar e incluir uma afunilada variedade de questões sobre cada tema focado. Então com bastante facilidade em termos práticos de introduzir as variedades de questões em interação e também complementares, por formar a melhor garantia um nível de rigor desejado, ao mesmo tempo que se visou uma máxima flexibilidade do inquérito (Babbie, 1999).

A opção por inquéritos baseados na web deve-se também ao facto da popularidade crescente deste tipo de prática, por ser uma forma relativamente fácil e rápida de divulgação das questões e também da obtenção de dados (Ilieva et al., 2002). Na sequência da pesquisa efetuada e da conseqüente elaboração do questionário, conceção e configuração do inquérito on-line e a sua administração, foi então, posteriormente, possível realizar uma análise e conclusões do trabalho realizado.

3.4.1 Elaboração e validação do questionário

O instrumento de pesquisa, baseado num questionário, foi elaborado, tendo como objetivo cobrir todas as dimensões presentes do modelo proposto, por forma a fornecer algumas informações adicionais relevantes para o estudo em causa e, porquanto gerando uma boa taxa de respostas.

Após a elaboração da primeira versão do questionário este foi submetido à apreciação externa e à verificação, para deteção de potenciais incoerências ou omissões por meio de um pré-teste. Este processo incluiu três fases, cada uma das quais resultaram em melhorias do questionário.

Na primeira fase, a versão extensa do questionário foi submetida à apreciação de um grupo de académicos, especialistas na área, integrando as suas sugestões numa versão melhorada do instrumento de pesquisa.

O conjunto de especialistas consultados, dada a sua familiarização com os objetos de pesquisa, bem como da área em foco, conseguiram providenciar uma importante contribuição, que foi particularmente valiosa para uma avaliação do conteúdo substantivo do questionário, indo de encontro ao mencionado em (Dilman, 2007). Esta fase preliminar permitiu aperfeiçoar a linguagem usada em alguns itens e reduzir o seu número, através da identificação de redundâncias conceituais.

Na segunda fase foi efetuado um pré-teste online junto de algumas empresas, neste caso foi selecionada uma pequena amostra de conveniência, isto é, apesar do ideal ser efetuar-se um pré-teste junto das empresas representativas das várias dimensões, localizações e subindústrias,

devido à escassez de tempo e recursos financeiros apenas foram contactadas empresas com localização geográfica mais próxima do investigador.

De realçar, também, a dificuldade sentida em contactar alguns responsáveis das empresas e em identificar as pessoas mais indicadas para colaborar neste processo e, ainda, em marcar uma entrevista devido à falta de disponibilidade por parte das pessoas contactadas.

Assim, o pré-teste foi testado online via email em empresas do polo industrial onde a doutoranda trabalhou, no Brasil em Manaus, pertencentes às indústrias de fabricação de amortecedores de moto, fabricação de produtos metálicos e aqui em Portugal, em algumas empresas da Marinha Grande e também em empresas em que a doutoranda trabalhou, no âmbito de fabrico de artigos de matérias de moldes plásticos e fabrico de peças para veículos de automóveis.

Esta fase serviu para identificar as perguntas que pudessem causar embaraço ou resistência aos respondentes, problemas que os respondentes tivessem em manter a dinâmica estabelecida, situações em que os respondentes se tornassem impacientes ou aborrecidos e verificar se as instruções para o preenchimento do questionário eram adequadas. Deste pré-teste resultou a eliminação de alguns itens e correções de algumas perguntas a utilizar e foi dada como concluída após a obtenção de 40 respostas válidas, o que correu com perfeita normalidade, não tendo sido registadas quaisquer dúvidas ou ocorrências estranhas ao processo desenvolvido.

O resultado do pré-teste conduziu, através dos diversos comentários obtidos, à composição do inquérito online na sua forma final e definitiva para este estudo.

Finalmente, na terceira interação, após a definição do questionário obtido online, devido a todo este trabalho ter sido realizado em língua portuguesa, houve necessidade de traduzir o inquérito para a língua espanhola, recorrendo a um tradutor profissional. Posteriormente, foi revisto por um empresário espanhol da área, para validar se a linguagem e os termos empregado se adequavam ao seu propósito.

Todas estas iterações foram fundamentais para definir a forma do inquérito e o seu conteúdo, de maneira a clarificar a exposição dos conceitos e melhor traduzir as questões inerentes à composição específica deste estudo. Para além do pré-teste e da tradução, o inquérito foi desenvolvido com uma estratégia que engloba um conjunto de mecanismos do qual fazem parte a elaboração do mesmo descritos em (Hill & Hill, 2000) e foram tidos em consideração a inclusão de uma introdução, que sintetiza o inquérito, o cuidado da aparência estética do inquérito, a apresentação de instruções tanto nas partes que o integram como no que se refere ao tamanho adequado das questões.

Como se pretende assegurar que todos os inquiridos respondam às mesmas questões, recorreu-se a um inquérito estruturado e direto composto por um conjunto de questões, que são apresentadas exatamente da mesma forma e na mesma ordem a todos os respondentes (Moutinho, et al., 1988).

A seguir apresentam-se os principais itens (questões), utilizadas para operacionalizar os Construtos identificados na extensa revisão da literatura por parte do questionário.

Parte 1 – Produção Lean e as Empresas

Esta parte autoavalia o nível das perceções das empresas sobre o conceito de Produção Puxada (*Pull*), conforme se sintetiza na Tabela 11. Parâmetros definidos para a parte 1 do inquérito., onde se expõe a base do Construto exógeno *Lean* ξ_1 e suas variáveis manifestas, entendendo-se como a perceção da capacidade de as empresas acompanharem o mercado no que toca à sua estrutura organizacional.

Se existe a dinâmica de interpretar a avaliação da empresa em tomar decisões em curto espaço de tempo, para uma mudança no sentido de engrenar para a I4.0 ξ_2 e também foram colocadas descrições relativamente à existência de parâmetros para definir as relações do Construto exógeno *Lean* ξ_1 , com as dimensões da Sustentabilidade.

Tabela 11. Parâmetros definidos para a parte 1 do inquérito.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
A empresa incrementou fluxos produtivos puxados, pelas necessidades do cliente interno dentro da organização e do cliente externo?	P19 / 1.2	X1	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa reduziu o número de produtos com defeitos?	P20 / 1.3	X2	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos?	P22 / 1.5	X3	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>

Parte 2 – I4.0 e as Empresas

Seguindo a linha do pensamento anterior, para a parte 1, nesta parte 2 do inquérito apresenta-se a seguinte construção da informação que foi considerada acerca da identificação da relação exógena I4.0 ξ_2 , com a Sustentabilidade. Sendo assim, neste caso está em caso

avaliar novas formas de desenvolvimento de produtos inteligentes, introduzindo ferramentas tecnológicas, através das quais os princípios Lean também possam ser promovidos.

Sendo assim, indo de encontro ao referido por um conjunto de autores em (Drath e Horch, 2014; Shrouf, et al., 2014; Erol, et al., 2016; Lu, 2017; Ślusarczyk, 2018; Birkel, et al., 2019), dado o advento da tecnologia exponencial, com elevadas velocidades e grandes capacidades de processamento de grandes volumes de dados variados, através do designados supercomputadores (*High Capacity Processors*) são também exigidos crescentes níveis de digitalização e de integração (horizontal e vertical) para todo o tipo de processos nas empresas, por isso, para os Construto exógeno I4.0 ξ_2 foram também considerados aspetos relacionados com estas considerações, conforme apresentado na Tabela 12. Parâmetros definidos para a parte 2 do inquérito.

Tabela 12. Parâmetros definidos para a parte 2 do inquérito.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
A empresa tem vindo a recorrer a modelos de tratamento de grande volume de dados?	P28 / 2.2	X4	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia?	P29/2.3	X5	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização?	P30/ 2.4	X6	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>

Assim, incluem-se as variáveis manifestas consideradas mais relevantes para a caracterização das PMEs, nomeadamente no que concerne ao sistema tecnológico de produção e às circunstâncias do trabalho na sua cadeia de valor e aspetos relacionados com outras preocupações, como a redução do número de produtos com defeitos.

Parte 3. Sustentabilidade

Esta parte tem como propósito obter informações acerca dos níveis dos Construtos endógenos e suas relações com as dimensões: económica (η_1), ambiental (η_2) e social (η_3) da sustentabilidade, entre os Construtos exógenos *Lean* e I4.0. Sendo que o respondente autodetermina como é realizada a administração destes conceitos na empresa.

Parte 3.1 – Sustentabilidade Económica e as Empresas

A variável dependente ou endógena é aquela que resulta de pelo menos uma relação causal e na Tabela 13. Parâmetros definidos para a parte 3.1 do inquérito, através da qual se

conseguirá distinguir quais as variáveis independentes a considerar para se prever cada variável dependente, com base, mais uma vez, em informação resultante da pesquisa bibliográfica efetuada, nomeadamente através de experiências prévias relatada em (Hair et al., 2005; Hershberger et al., 2003; Klem, 2006). Portanto, a seguinte construção da informação foi considerada para analisar se existe uma relação entre a construção endógena económica (η_1), com as construções ou Construtos exógenos Lean ξ_1 ou I4.0 ξ_2 .

Tabela 13. Parâmetros definidos para a parte 3.1 do inquérito.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
A empresa tem vindo a aumentar o seu lucro?	P28 / 3.1.1	Y1	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar o seu volume de faturação?	P29 / 3.1.2	Y2	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar a cota no mercado?	P30/3.1.3	Y3	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>

Parte 3.2- Sustentabilidade Ambiental e as Empresas

A seguinte construção da informação apresentada na Tabela 14. Parâmetros definidos para a parte 3.2 do inquérito, foi considerada para analisar se existe uma relação entre a construção endógena relativa à sustentabilidade ambiental (η_2) e os Construtos exógenos Lean ξ_1 ou I4.0 ξ_2 .

Tabela 14. Parâmetros definidos para a parte 3.2 do inquérito.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida?	P34 / 3.2.2	Y4	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida?	P36/ 3.2.4	Y5	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a aumentar a colaboração na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente?	P37/3.2.5	Y6	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>

Parte 3.3- Sustentabilidade Social e as Empresas

A seguinte construção relativa à informação apresentada na Tabela 15. Parâmetros definidos para a parte 3.3 do inquérito foi considerada para analisar se existe uma relação entre a construção endógena de sustentabilidade social (η_3), com os Construtos exógenos Lean ξ_1 ou I4.0 ξ_2 .

Tabela 15. Parâmetros definidos para a parte 3.3 do inquérito.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores?	P40 / 3.3.2	Y7	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores?	P41/3.3.3	Y8	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>
A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente?	P42/ 3.3.4	Y9	Likert de 5 pontos: <1 – Totalmente em desacordo ... 5 – Totalmente de acordo>

Numa primeira instância foram então considerados os dados recolhidos e validados empiricamente, relativos a todos os Construtos definidos, referentes a *LM*, I4.0, Sustentabilidade Económica, Sustentabilidade Ambiental e Sustentabilidade Social e suas variáveis manifestas.

Assim, neste estudo as variáveis manifestas foram operacionalizadas e medidas com recurso à escala *Likert*, de 5 pontos, desde “1=discordo totalmente” a “5=concordo totalmente”, como se referiu anteriormente. Finalmente o questionário termina com a informação geral apresentada na Tabela 16. Esta parte, relativa a informações sobre as empresas, agrega informação geral da empresa respondente (8 questões), bem como informação do responsável pelo preenchimento do inquérito (2 questões).

Tabela 16. Parâmetros definidos para a informação geral.

Descrição no Inquérito	Codificação da questão (LimeSurvey / N.º questão)	Variável Manifesta	Opções de Resposta
Nº de colaboradores?	P01 / 0.1	Não aplicável (N/A)	Escala Nominal: < Entre 1 e 9 colaboradores; Entre 10 e 25 colaboradores; Entre 26 e 50 colaboradores; Entre 51 e 100 colaboradores; Entre 101 e 250 colaboradores; Mais de 250 colaboradores (¹)>

Faturação anual superior 50.000.000€ cinquenta milhões de euros.	P02 / 0.2	N/A	Escala Nominal: <Inferior a 10.000€ Entre 10.000€ e 50.000€; Entre 50.001€ e 250.000€; Entre 250.001€ e 1.000.000€; Entre 1.000.001€ e 2.000.000€; Entre 2.000.001€ e 10.000.000€; Entre 10.000.001€ e 50.000.000€; Mais de 50.000.000€ (¹)>
Localização da empresa?	P03 / 0.3	N/A	Escala Nominal: < Portugal; Espanha; Outro País (¹)>

3.4.2 Conceção e configuração do questionário online

Para a conceção do inquérito online seguiram-se as recomendações apresentadas em (Dillman, 2007). Sendo assim, as questões foram apresentadas no mesmo formato da versão *word* sempre que possível, incluindo o agrupamento lógico das questões por janela/página. De seguida, far-se-á uma breve descrição dos aspetos tidos em consideração na construção do questionário online.

Aparência: as questões foram divididas ao longo de várias janelas/páginas e o questionário completo consistiu em 5 janelas correspondentes ao número de secções na versão *word* do questionário mais duas janelas, a introdutória e a de confirmação/agradecimento da conclusão do questionário. Esta divisão por janelas foi implementada para minimizar a necessidade de deslocamento *scroll* ao longo da página para responder às questões e o desenho do questionário foi simples com o uso mínimo de cores.

Questões e escalas: foi utilizada uma mistura de questões abertas e fechadas com diferentes escalas e foram utilizados “botões de rádio” e “caixas de verificação” para as questões fechadas e “campos de descrição” para as questões abertas, de modo a aumentar o nível de detalhe da informação.

Orientação e ajuda ao preenchimento: os participantes foram guiados ao longo do questionário como uso de botões “gravar e continuar mais tarde” e “continue” no final de cada página. Caso se esquecesse de responder a alguma questão, uma janela de alerta aparecia e a(s) questão(ões) aparecia(m) realçada(s) a vermelho. Isto iria garantir a não existência de *missing values*.

Prevenção do abandono: Todas as páginas continham um botão “*exit survey*” através do qual o participante poderia abandonar o questionário. Na tentativa de evitar que os respondentes abandonassem o questionário (por razões de saturação, ou interrupção no local de trabalho) foi incluída as possibilidades de gravar o questionário. Caso utilizassem esta opção receberiam um

e-mail informando que as respostas ao questionário tinham sido gravadas e providenciado um link para o participante poder continuar a responder o questionário a partir do ponto onde tinha terminado.

Taxa de conclusão (realização): enquanto é fácil para um respondente medir o seu progresso em questionários baseados em papel é mais difícil em implementações com base na web. Neste sentido, cada janela/página web do questionário continha uma barra de estado a dar informação sobre a percentagem de questões a que já tinha respondido.

Humanização do questionário: com o objetivo de diferenciar esta pesquisa do grande número de outras pesquisas com base na web e de garantir o anonimato, bem como para enfatizar o carácter científico e oficial deste estudo, foi incluído um pequeno texto logo na primeira página do questionário neste sentido. Para além disso, um e-mail personalizado, contendo o URL do inquérito, foi enviado a cada sujeito. Apenas os respondentes que recebiam o e-mail com o link para o inquérito podiam responder. Este URL personalizado, permitia circunscrever o inquérito apenas a quem recebia o email e proibir respostas de outros que não fossem os destinatários originais do e-mail.

3.4.3 Administração e aplicação do questionário

Em vez de criar uma base de dados com potenciais empresas, que eram elegíveis para o estudo, este focou-se em distribuir o convite de participação no estudo por pessoas que individualmente ou através das suas entidades poderiam ter acesso, através de uma rede alargada e privilegiada de contactos que, para além de responderem, caso fossem elegíveis, poderiam partilhar o inquérito através de seus contactos. Em seguida foi desenvolvida uma pesquisa com base nessas premissas validadas por especialistas e colocadas disponíveis para uma comunidade industrial alargada da Península Ibérica.

A pesquisa foi aplicada apenas em empresas industriais localizadas em Portugal e Espanha, tendo-se recolhido 252 respostas validadas num total de **306 respostas** obtidas. E, durante a pesquisa o entrevistado respondeu, usando a escala de *Likert* de 5 pontos, em que, conforme se referiu anteriormente, **1** significa que o respondente discorda totalmente da afirmação (valor mais baixo) e com **5** o respondente concorda totalmente com a afirmação, sendo o valor mais alto. Adicionalmente, como o inquérito foi distribuído por dois países com línguas distintas, foram realizados dois inquéritos, um em língua portuguesa e outro na língua espanhola.

Estes foram desenvolvidos e organizados conforme o ciclo PDCA previamente descrito, como sendo a metodologia de base para a elaboração dos inquéritos e o planeamento

das perguntas subjacentes, usando então como referência e ponto de partida os seguintes pontos desse modelo PDCA: fazer, verificar e agir. Com este propósito em mente, o presente estudo pretende dar um contributo mais efetivo à questão central subjacente a este trabalho.

Sendo assim, nesta secção, é descrito o modo como se procedeu à construção e ao desenvolvimento do pré teste para se chegar ao questionário desenvolvido, através do respetivo e devido enquadramento de amostra e a subsequente construção do modelo de investigação, conforme expresso na Figura 10. Fases de elaboração do instrumento de pesquisa., de modo a permitir chegar a resultados, conclusões e consequentes recomendações gerais finais.

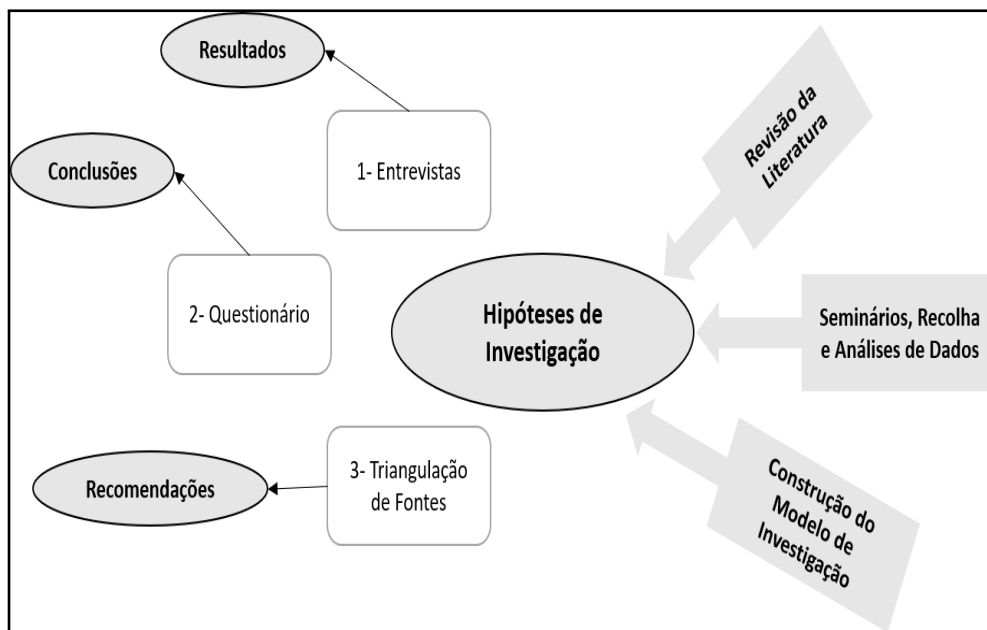


Figura 10. Fases de elaboração do instrumento de pesquisa.

Após a elaboração da primeira versão do questionário este foi submetido a apreciação externa e a um processo de verificação de incoerências ou omissões, através de um pré-teste, conforme mencionado previamente.

4. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A observação da amostra e o geral sobre os dados recolhidos será possível identificar um conjunto de conclusões relevantes, com base na perceção dos respondentes das organizações e recorrendo-se a métodos quantitativos para a subsequente análise e tratamento, complementados com um estudo qualitativo baseado em entrevistas a especialistas do meio empresarial, para validação das conclusões e triangulação de fontes. A análise do desvio-padrão da amostra e a média dos fatores obtidos elucidam acerca das perguntas mais importantes para cada variável latente detetada.

4.1. Sobre a amostra

O tamanho da amostra estabelece a estimativa do erro da amostra, uma vez que este é um aspeto crítico para ser considerado e deve ser estabelecido um tamanho mínimo da amostra (Anderson & Weitz, 1989). Neste trabalho a amostra mínima foi definida conforme referido em (Westland, 2010), com o valor obtido de 200 amostras.

Portanto, a amostra considerada, foi 26% acima do valor necessário, conforme referido pelo autor em (Westland, 2010), dado que se conseguiu obter um total de 252 respostas validadas, o que permitiu então cumprir os requisitos impostos. Porém, uma das limitações deste estudo ficou a dever-se ao facto de este estudo ter sido limitado pelo seu foco restringido a comunidades industriais apenas da Península Ibérica (Portugal e Espanha).

Os aspetos considerados relevantes neste estudo estão relacionados com a avaliação do tamanho da amostra e a correspondente estimativa do erro da amostragem. Sendo esta uma tarefa sensível e crítica, deve-se então estabelecer qual a dimensão mínima a ser analisada (Anderson & Weitz, 1989). Existem diversas correntes que podem assumir diferentes tendências devido a diversos fatores, tais como, a complexidade do modelo e as características dos modelos (Hair et al., 2009b). Os elementos obtidos com a implementação do instrumento usado no inquérito seguem abaixo:

Tabela 17. Elementos obtidos da implementação do instrumento.

ELEMENTOS	
Dimensão das empresas	PMEs
Setores	Indústrias e empresas que trabalham para as indústrias
Região	Península Ibérica (Portugal e Espanha)
Instrumento	Inquérito autoadministrado
Línguas utilizadas no instrumento	Português e Espanhol
Título do instrumento em Português Inquérito	Inquérito - Avaliação da Produção Lean, I4.0 e a Sustentabilidade nas Empresas Industriais
Título do instrumento em espanhol	Investigación - Evaluación de Producción Lean, I4.0 y Sostenibilidad en las empresas industriales
Canal de distribuição	e-Mails e rede social LinkedIn
Período de realização	Quatro meses (setembro até dezembro 2018)
Respostas	304 obtidas
	252 válidas

De referir que o inquérito final decorreu entre os meses de setembro a dezembro (2018), por questionário (*survey*) enviado a gestores de empresas e departamentos das engenharias de produção, nas subáreas de: qualidade, ambiente, segurança e sustentabilidade (304 questionários válidos, com 252 respostas completas), recorrendo-se a métodos quantitativos para a subsequente análise e tratamento, complementados com um estudo qualitativo baseado em entrevistas a especialistas do meio empresarial, para validação das conclusões e triangulação de fontes, conforme está apresentado no anexo (ANEXO VII). O inquérito foi inicialmente publicitado via email, com o título: “Primeira Construção do Inquérito e Divulgação”:

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Tacgj8hGoc67GA_IsxaIZ_kY/edit

Segue-se o inquérito em Português (ANEXO V) e a publicação no LinkedIn e também construção do Inquérito e Divulgação” (ANEXO VI) e ainda Publicación LinkedIn "Segunda construcción de la investigación y divulgación", en español, com o inquérito em espanhol. O inquérito final que foi aceite neste trabalho.

Houve ainda o inquérito do (ANEXO III e ANEXO IV) Encuesta. que se disponibilizou também online, através do uso da ferramenta LimeSurvey, em português e espanhol, respetivamente, em:

<http://green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/admin/authentication/sa/login>

Depois de concluída e obtida a versão final do inquérito foi necessário passar à validação dos relativos dados através do correspondente, Modelo de Avaliação da Relação entre LM, I4.0 e a Sustentabilidade para o Desenvolvimento das Empresas. Desenvolvido com base então nos dados que foram recolhidos através do inquérito *online* na *web* (*lime survey*) afinado na sequência do pré-teste.

Este primeiro convite foi enviado para as diversas pessoas, desde docentes e alunos do ensino superior, diretores e quadros superiores de empresas e responsáveis de incubadoras de empresas, responsáveis por entidades de transferência de conhecimento, responsáveis de centros tecnológicos, membros de direção de associações de alunos, por num universo total de 64 pessoas/entidades dos quais 59 confirmaram que reencaminharam para a sua rede de contactos.

Paralelamente, também foi formulado convite para participação no estudo na rede profissional *LinkedIn* no qual o convite foi realizado por uma conta de 1.500 com 2000 contactos. Posteriormente os convites para participação no estudo, foram realizados de forma individual, ou seja, o convite seria enviado após uma conversa prévia de aceitação e caso existisse potencialidade e abertura, também era solicitado o envio do questionário à rede de contactos. Foram enviados mais 300 convites dos quais 32 confirmaram o reencaminhamento para a sua rede de contactos.

Desta forma torna-se extremamente difícil (não seria impossível, mas despende-se-ia muita energia) para quantificar o número exato de inquéritos enviados e, conseqüentemente, avaliar a taxa de resposta, pois a abordagem não foi apenas de envio direto, mas serviu-se das redes e da rede dos contactos próximos para o envio dos inquéritos.

Com o objetivo de melhor entender as principais características das empresas e dos respondentes que submeteram a sua avaliação ao presente estudo, seguidamente, são apresentados os resultados obtidos para a caracterização dos intervenientes.

4.2. Características das Empresas Participantes e Respondentes

Neste subcapítulo são apresentados um conjunto de gráficos e tabelas para caracterizar a amostra do estudo qualitativo (Fonte de Gráficos: Autor). No sentido de conhecer, em pormenor, as principais características da indústria e das empresas na amostra, nas próximas secções serão apresentadas as características da indústria (tempo, atividade económica e setor) das empresas (dimensão, idade da empresa, localidade da empresa) e dos respondentes (função atual e Escolaridade).

- Setor de tempo de atividade, números de respondentes 252.

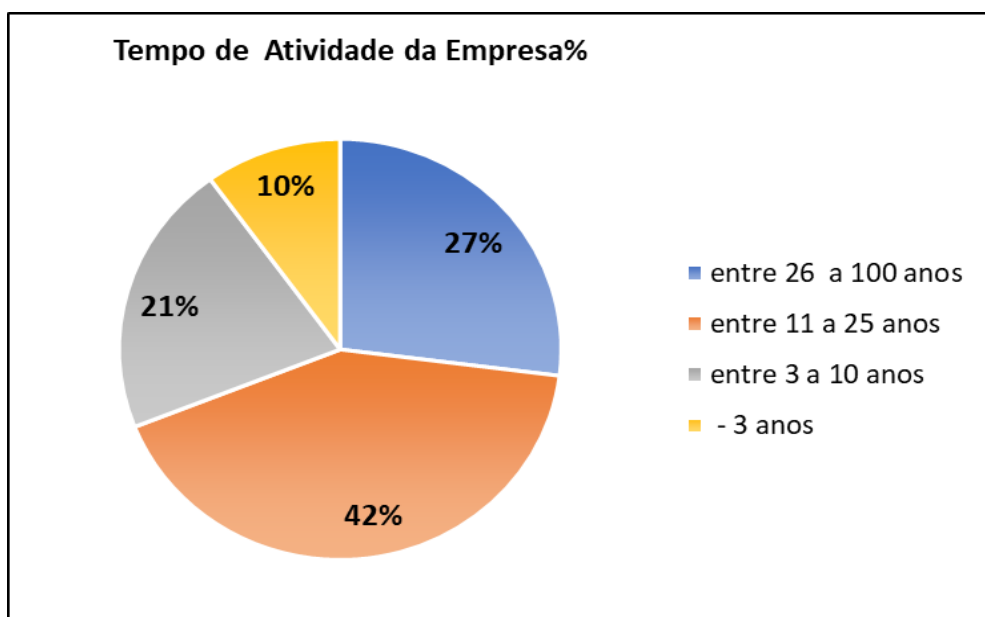


Figura 11. Dimensão da amostra de tempo de atividade.

Relativamente à fundação das 98 empresas, têm entre 11 e 25 anos “ano 1992 a 2006” (42%), 64 empresas têm entre 26 a 100 anos “ano 1917 a 1991” (27%), 51 empresas têm entre 3 a 10 anos “ano 2007 a 2013” (22%), 21 empresas foram fundadas há menos de três anos “ano 2014 a 2018” (10%) e duas empresas iniciaram há mais de 100 anos “anterior ao ano 1917” (1%).

- Natureza da organização, números de respondentes 252.

Referentemente aos tipos de empresas a maioria são “Sociedade Anónima” 49%, seguidamente 27% das empresas são do tipo “Estabelecimento Individual de Responsabilidade Limitada”, 16% são do tipo “Empresário Individual” e 4% são sociedade geral “Sociedade em nome coletivo” (10%).

Das 285 empresas (8%) não se identificaram com os tipos de sociedades mencionadas anteriormente sendo (4%) empresas familiares e 4% empresas que fazem parte de um grupo económico (Figura 12).

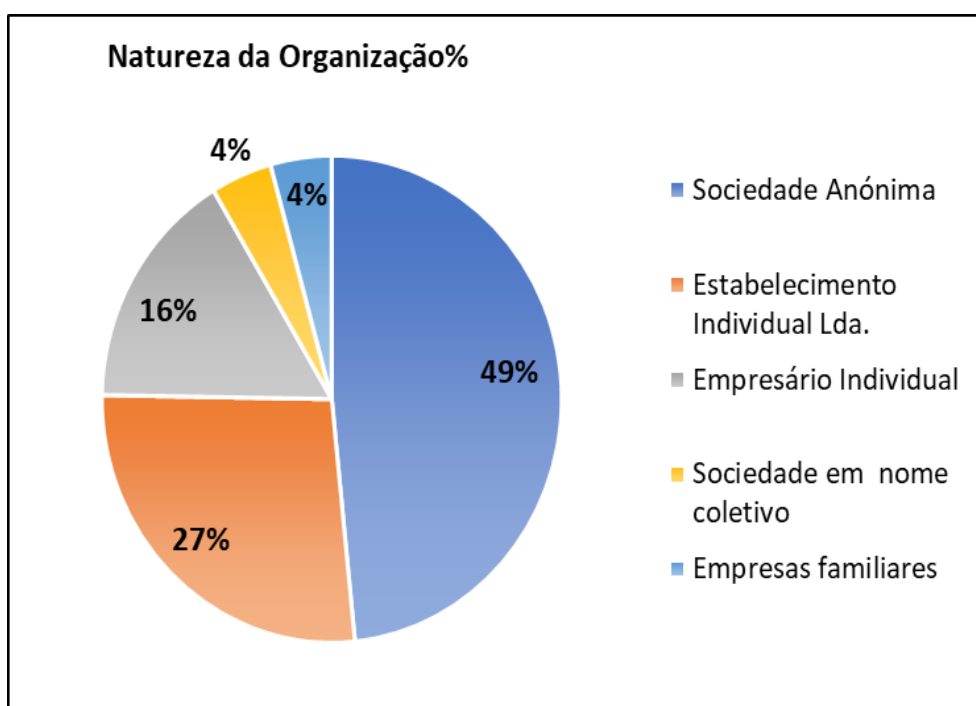


Figura 12. Dimensão da amostra natureza da organização.

Para se obter um indicativo do volume de negócio foi solicitada relativamente a estimativa aproximada de faturação realizada do ano anterior ao estudo, ou seja, 2018. Do número global das empresas, 53 empresas faturaram (17%) “entre 250.000 € e 1.000.000 €”, 50 empresas (15%) tiveram um volume de negócios “entre 10.000.001 € e 50.000.000 €”, 66 empresas (15%) realizaram “entre 1.000,000 € e 2.000.000 €” e, igual número de empresas entre “2.000.001 € e 10.000.000 €”.

Com menor expressão as empresas que obtiveram um volume de faturação “entre 10.000.001 € e 50.000.000 €”, “entre 10.000 € e 50.000 €” e “inferior a 10.000 €” foram 23 (10%), 20 (8%) e 9 (4%), respetivamente.

Na Figura 13, encontra a distribuição da atividade económica das indústrias pesquisadas neste trabalho pela Península Ibérica.

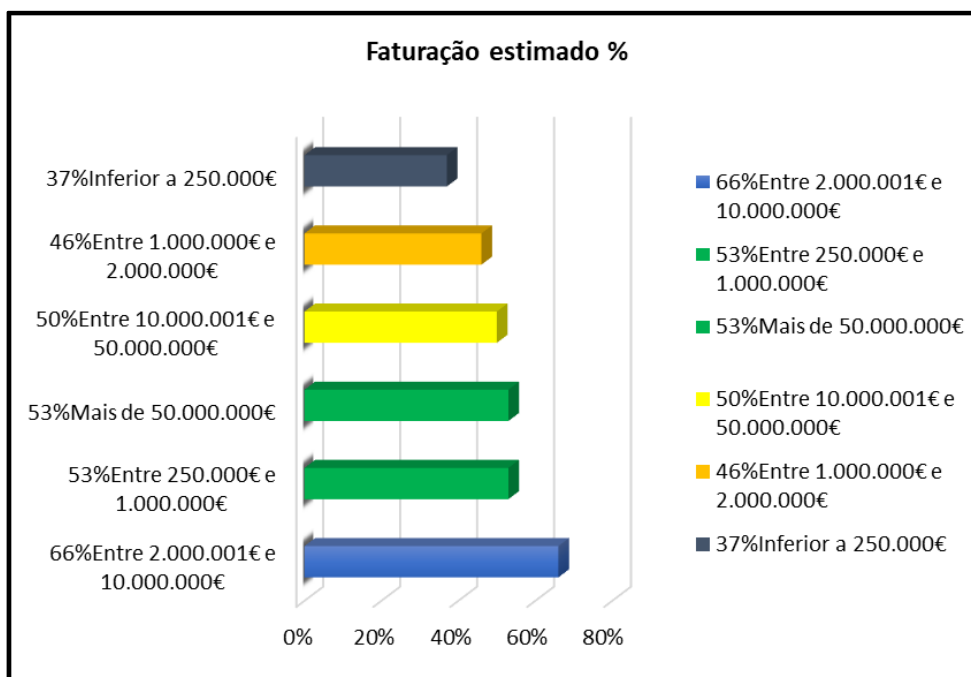


Figura 13. Percentual da atividade económica na península ibérica.

Relativamente aos países de sede das empresas, do total, 158 estão sediadas no território nacional (52%) e as remanescentes em Espanha, 147 (48%). Inerente à caracterização das empresas encontra-se um critério fundamental no presente estudo a região de abrangência.

É basilar que este estudo se aplique num cluster regional dada a iminência e relevância entendida neste trabalho, pelo que se considera balizar que apenas num país, neste caso Portugal seria mais relevante e interessante analisar, mas seria ainda mais relevante e interessante abranger também um país maior, neste caso a Espanha.

Para melhor estabelecer a caracterização das PME's, a Comissão Europeia realizou uma recomendação aos Estados Europeus acerca da sua definição, no Jornal Oficial da União Europeia, através da recomendação 2003/361 (Comissão das Comunidades Europeias, 2003). Entre os diversos fatores principais que definem uma PME estão os colaboradores e o volume de negócio ou o balanço total existente com base numa estratificação da categoria, que passa por microempresa, pequena empresa e média empresa.

- Função na organização, números de respondentes 252

Devido à relevância que as PME's em geral no caso particular deste estudo, dado estar orientado neste sentido, a análise de sistemas produtivos e o objetivado público-alvo para a recolha de dados, centrou-se então em respondentes que trabalhem em PME's industriais e/ ou em PME's que trabalhem diretamente com indústrias. Desta forma, é possível focar nas PME's

orientadas à Indústria, quer através de produtos, subprodutos, componentes e/ou serviços direcionados à produção e na Figura 14 representa-se a função dos respondentes nas respetivas empresas.

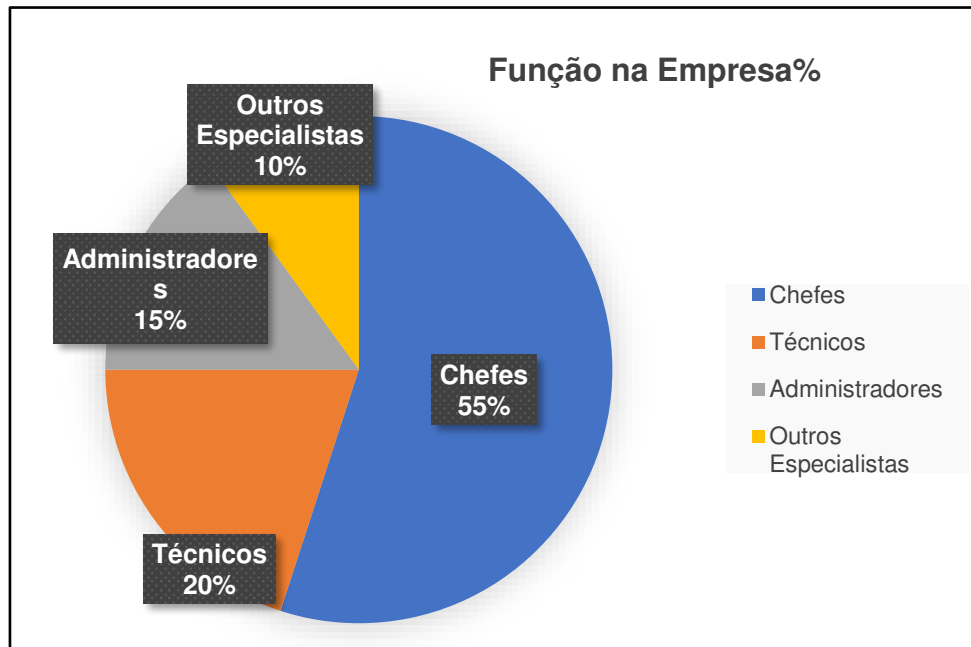


Figura 14. Dimensão da amostra de função na organização.

Quanto à função desempenhada pelos respondentes nas empresas são quadros técnicos 20%, quadros superiores e de chefes 55%, administradores 15% e os outros especialistas 10% desempenham outras funções.

- Escolaridade dos respondentes, números de respondentes 252

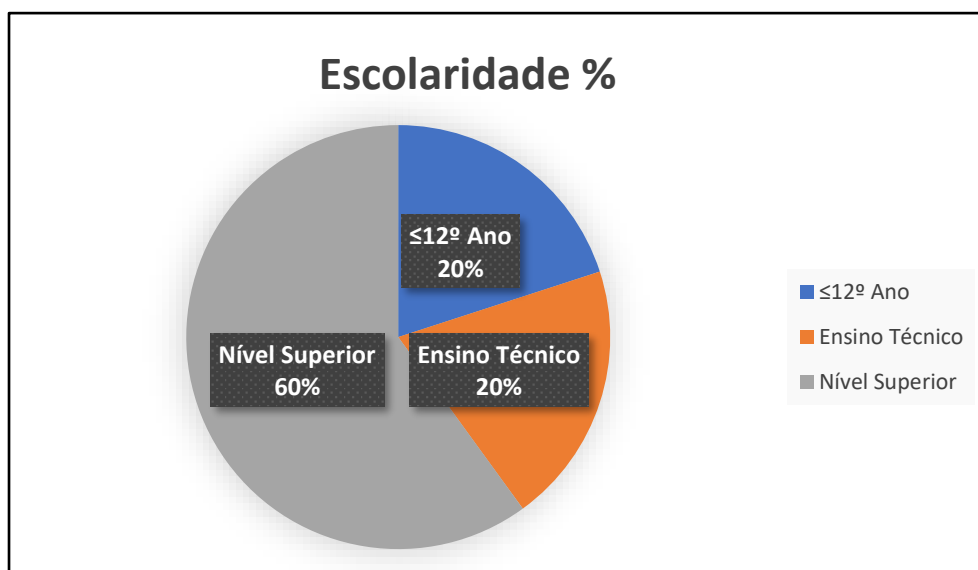


Figura 15. Dimensão da amostra de escolaridade.

Relativamente ao nível de escolaridades 60% detêm ensino superior e 20% possuem nível técnico tendo um empate igual ou inferior ao 12º ano.

- N° de empregados números de respondentes 252

Quanto ao número de colaboradores com uma percentagem de até 25% existem 162 empresas, que dispõem entre 10 a 249 colaboradores; 187 empresas dispõem de 29% de colaboradores, entre 250 a 499; com 49% de colaboradores são 291 empresas neste estudo, portanto, com acima de 500 colaboradores, com o número de empresas do estudo por principais atividades representada na Figura 16. Dimensão da amostra de n° de colaboradores., conforme referido.

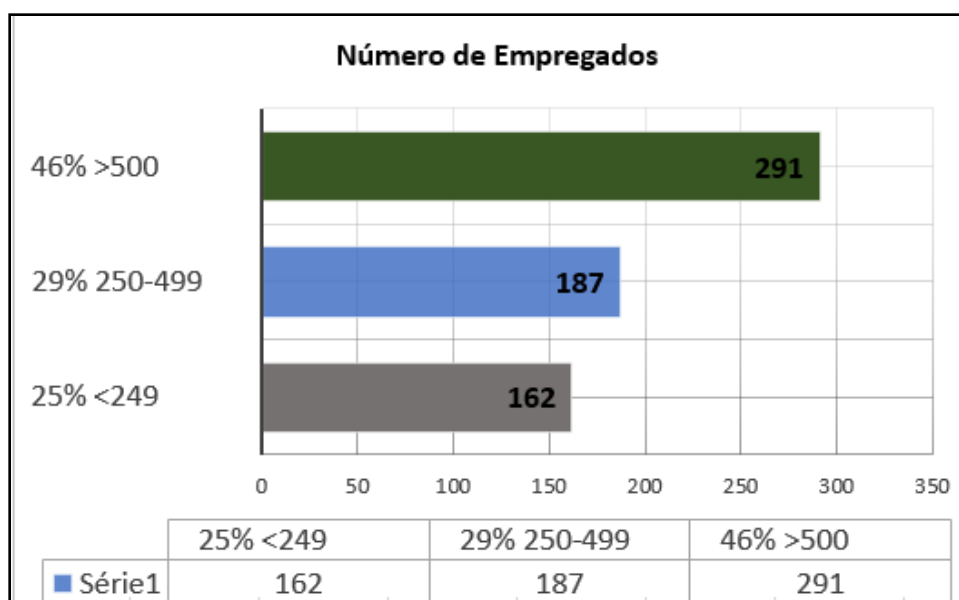


Figura 16. Dimensão da amostra de n° de colaboradores.

- Idade dos respondentes, números de respondentes 252

Adicionalmente, foi também realizada uma caracterização dos respondentes do inquérito referente à idade dos mesmos, os que têm maior representatividade são os respondentes com idades compreendidas “entre 30 e 40 anos” (59%) e “entre os 41 e 50 anos” (28%), em idade “abaixo dos 30 anos” 42 inqueridos (55%) e apenas três responderam com idade “acima dos 60 anos”, conforme se representa na Figura 17.

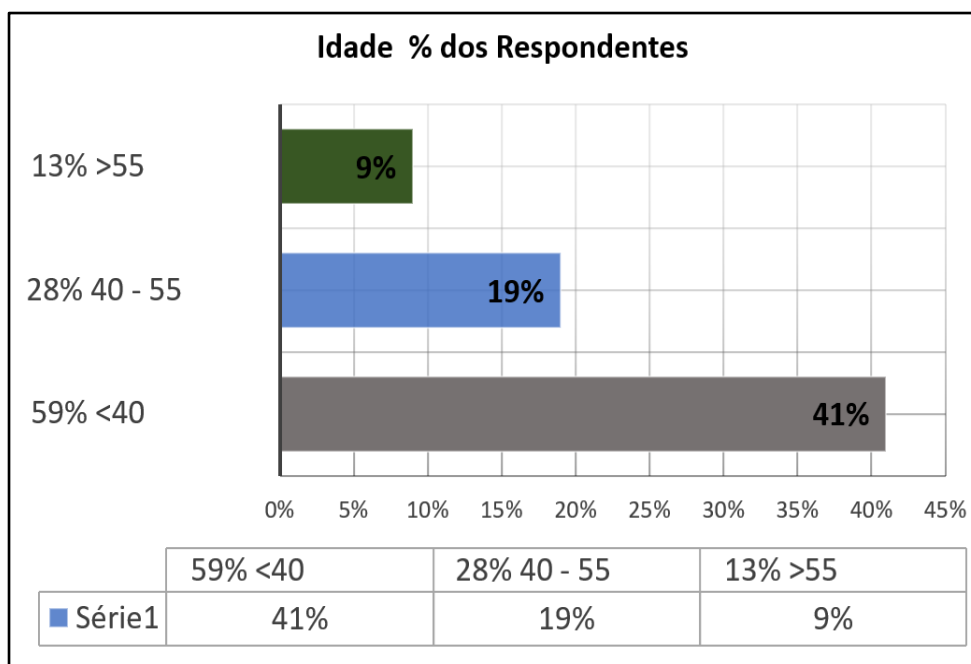


Figura 17. Dimensão da amostra de idade dos respondentes.

4.3. Análise Descritiva das Perguntas do Inquérito

Após uma observação geral sobre os dados recolhidos é possível identificar um conjunto de conclusões relevantes, com base na perceção dos respondentes das organizações. A análise do desvio-padrão da amostra e a média dos fatores obtidos já elucidam acerca das perguntas mais importantes para cada variável latente detetada.

A análise de frequência pretende comparar a relação estatística existente, ou não, entre o resultado maior da média para a amostra, sem que se considere ou implique causalidade entre estas, servindo apenas como mais uma medida de análise e avaliação complementar aos dados obtidos. Estes resultados foram obtidos através do software *IBM SPSS Statistics*, versão 24 (IBM Corp., 2016b).

Pergunta 3.2 A empresa incrementou fluxos produtivos puxados (*pull*) ditados pelas necessidades do cliente na organização

Esta pergunta vem do pensamento para o Construto *Lean* ξ_1 , pois quando se fala de uma produção industrial, sob influência de um pensamento lean, uma das principais preocupações daqueles que projetam os produtos e processos de fabrico nos sistemas de produção está relacionada com fluxos de produção do tipo *pull*, tipicamente, com vista à minimização de custos, porquanto também havendo uma preocupação com uma produção centrada apenas em

pedidos de clientes, entre outros aspetos afins, como se teve oportunidade de explicar mais detalhadamente anteriormente.

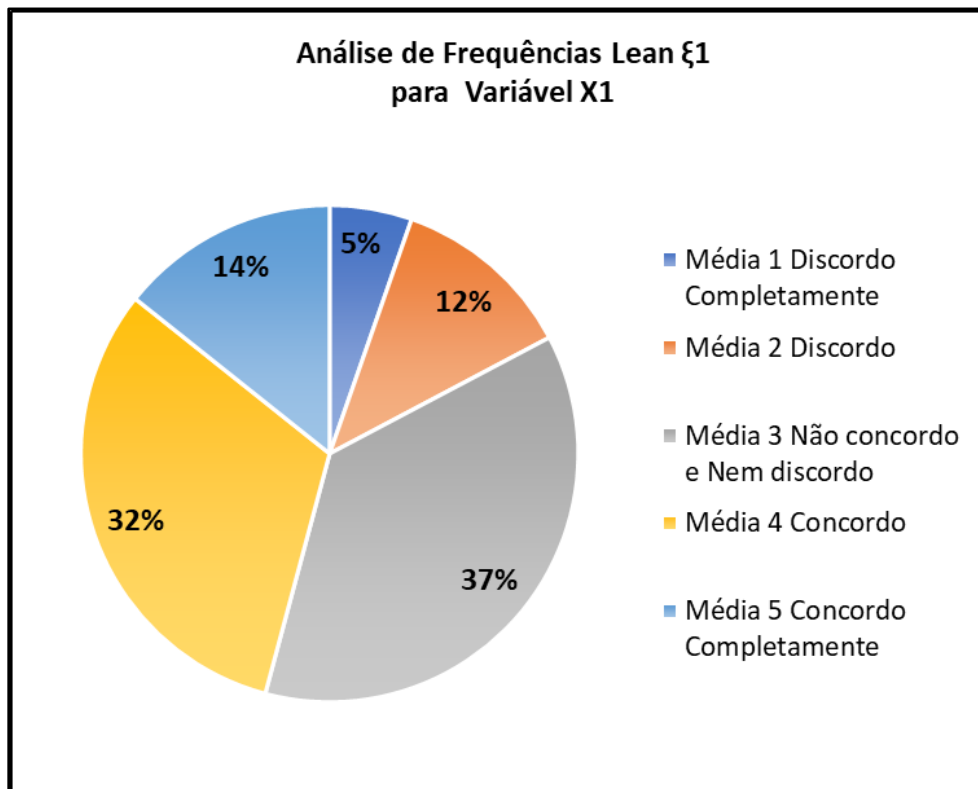


Figura 18. Análise de frequências lean ξ_1 para variável manifesta X1.

Na Figura 18 ilustra-se o procedimento de obtenção na representação de diagrama circular onde estão representados as proporções e a identificação da categorias da resposta em média nesta análise de frequência para o Construto *Lean*, referente à variável ‘Produção Puxada’ (X1), no ano de 2018. Observando o gráfico verifica-se que o nível da Média 3 teve a sua maior proporção em ‘Não concordo e Nem discordo’ (37%), enquanto que na Média 1 ‘Discordo Completamente’ foi de 5%.

Pergunta 3.3 A empresa reduziu o número de produtos com defeito

Nos processos produtivos do futuro espera-se a incorporação de mais e melhor tecnologia e automatismos e processos inteligentes, com vista, para além de outros aspetos, da redução do número de produtos com defeito. Porém, enquanto tal não se verifica, torna-se necessário analisar, com cuidado, a produção de produtos não conformes com as especificações ditadas pelos clientes e, neste sentido, neste trabalho foi considerado no Construto *Lean* a variável X2 para avaliar a frequência de respostas relativamente a este aspeto

de número de produtos com defeito, pelos respondentes das empresas, conforme se representa na Figura 19.

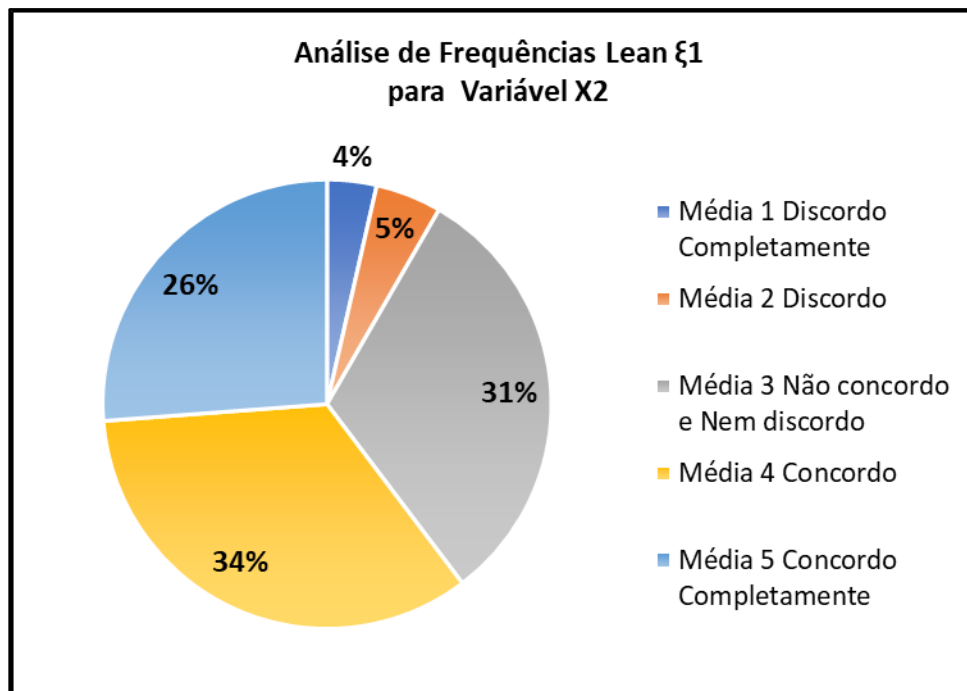


Figura 19. Análise de frequências lean ξ_1 para a variável manifesta X2.

Através da análise é possível constatar que com base nas respostas dos respondentes das empresas inquiridas, com base no uso da escala de *Likert* de 5 pontos para analisar as frequências no Construto *Lean*, relativamente à variável ‘Defeito’, X2, se verifica que o nível de respostas da Média 3, ‘Não concordo e nem discordo’ apresenta uma porção de 31% , tendo havido uma variação de mais 3% (34%) para as respostas de Média 4 ‘Concordo’ e os restantes valores, menos significativos, conforme se pode observar pela Figura 20.

Pergunta 3.5 A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos

Para analisar esta questão é possível verificar os resultados obtidos relativos às frequências das respostas para o Construto *Lean* ξ_1 , através da variável ‘Falha’, X3, conforme se apresenta na Figura 20.

Da análise do gráfico da Figura 20 é possível verificar-se que as proporções de média das respostas das empresas envolvidas no estudo, para avaliar a existência de redução do número de avarias (ou falhas) nos equipamentos, apresentam uma grande diferença ou discrepância de respostas, que variaram entre a Média 1 ‘Discordo Completamente’ (3%) e a Média 5 ‘Concordo Completamente’ (35%).

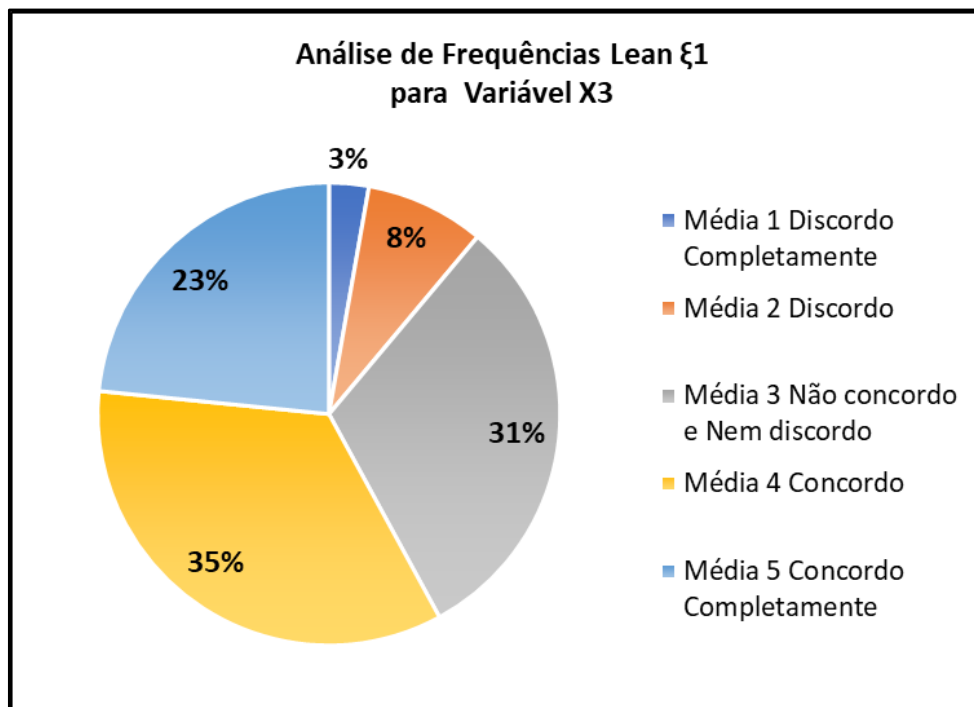


Figura 20. Análise de frequências lean ξ_1 para variável manifesta X3.

Pergunta 4.2 A empresa tem vindo a recorrer a modelos de tratamento de grande volume de dados ou *big data*

Para analisar as respostas fornecidas a esta pergunta observe-se o gráfico ou diagrama circular apresentado na Figura 21, que permite verificar que ainda se tora necessário continuar a investir no sentido de explorar nas empresas o uso de abordagens e ferramentas que permitam alavancar processos relacionados com o processamento e análise de grandes e complexos volumes de dados, dado que, conforme se pode constatar, o valor de máxima frequência das respostas centrou-se na Média 3 de ‘Não concordo nem discordo’ (32%), seguida da Média 1 ‘Discordo Completamente’ (20%) e Média 2 ‘Discordo’ (14%), revelam ainda um desconhecimento das empresas acerca dos potenciais benefícios que podem advir da exploração de tecnologias de *big data*. Porém, também se pode constatar pela análise da Figura 22 que exista também já um número significativo de empresas ‘conscientes’ da necessidade e importância de desenvolver esforços no sentido de incorporar estas novas tecnologias e formas de processamento e análise de dados nas empresas, como se pode constatar pelas Médias de respostas do tipo 4 ‘Concordo’ (18%) e ‘Concordo Completamente’ (16%).

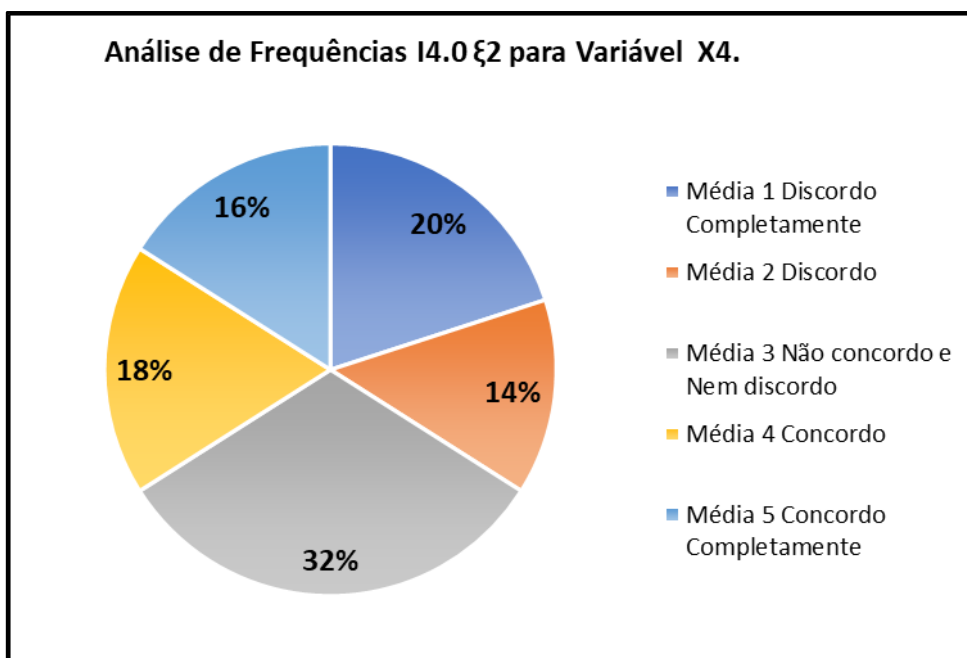


Figura 21. Análise de frequências I4.0 ξ2 para variável manifesta X4.

Pergunta 4.3 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia

Para mudanças na vida das pessoas, nomeadamente em termos de trabalho, à medida que uma ampla gama de padrões divergentes de organização do trabalho é assumida a análise de frequência da Figura 22, se a empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia, observou-se que a menor Média 1 ‘discordo completamente’ 8% vem para confirmar os termos de trabalho à medida que uma ampla gama de padrões divergentes de organização do trabalho é assumida.

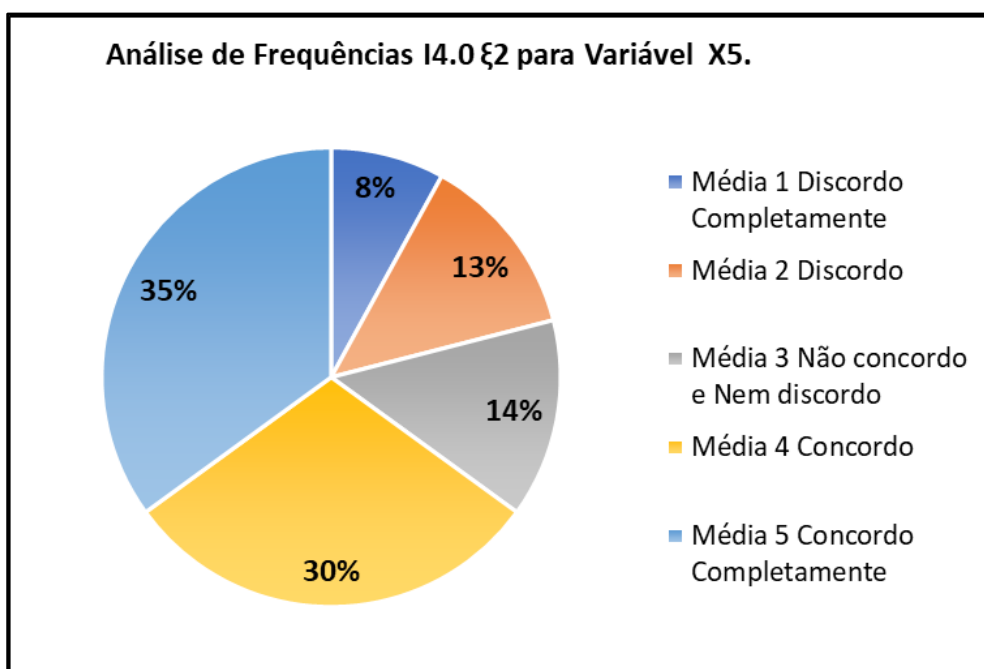


Figura 22. Análise de frequências I4.0 §2 para variável manifesta X5.

Esses padrões são marcados no impacto do trabalho depende do conceito de automação implementado e do alcance real da distribuição do sistema nas empresas e por esta representação juntamente com a Média 5 de concordância maior 35% concordam completamente.

Pergunta 4.4 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização.

Neste mercado global de recursos (Internet das coisas – IoT/ IIoT, RFID, Cloud) é também a crescente capacidade de melhor ir de encontro e satisfazer os requisitos dos clientes. Da análise de frequência da Figura 23, verifica-se que a proporção de aumento a nível de digitalização nas empresas cresce em ritmo acelerado o que representa uma redução de 18% de empresas que Não Concordam e Nem Discordam em não investir ou que ainda buscam em sua área de tecnologia da informação.

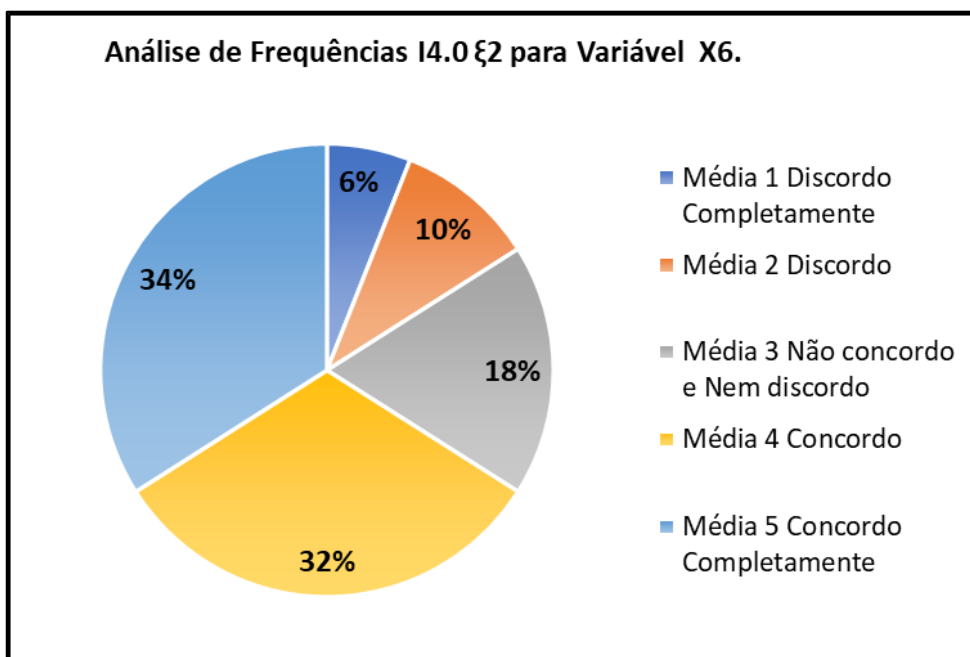


Figura 23. Análise de frequências I4.0 ξ2 para variável manifesta X6.

Então muito graças ao acrescido potencial de interação de tudo com tudo e de todos com todos, Média 5 Concordo Completamente 34%, empresa tem vindo a aumentar através da atual era da digitalização.

Pergunta 5.1.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu lucro.

Esta análise na Figura 24, verifica-se de facto a proporção de dúvida na média de 32% Não Concordam e Nem Discordam que pela sustentabilidade aumentam o fator lucro.

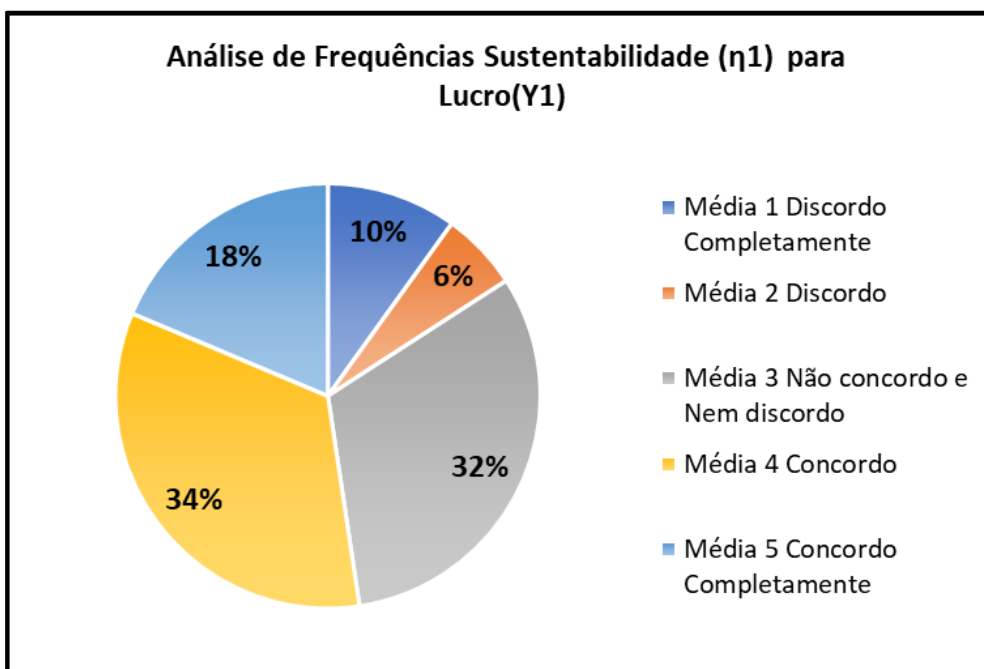


Figura 24. Análise de frequências sustentabilidade (η 1) para lucro (Y1).

Porém o nível da questão com proporção na maior Média 34% Concordam que várias empresas já vêm percebendo que para manterem a rentabilidade dos seus negócios é preciso relacionarem-se de forma efetiva e eficiente com todas as partes envolvidas, dentro da sustentabilidade ao longo da cadeia logística estendida.

Pergunta 5.1.2 A empresa tem vindo a aumentar o seu volume de faturação.

Segundo os investidores passaram a buscar empresas que executem atividades sustentáveis em suas plantas, nesta análise da Figura 25, verifica-se que 126 empresas nesta questão responderam que têm vindo a aumentar o seu volume de faturação.

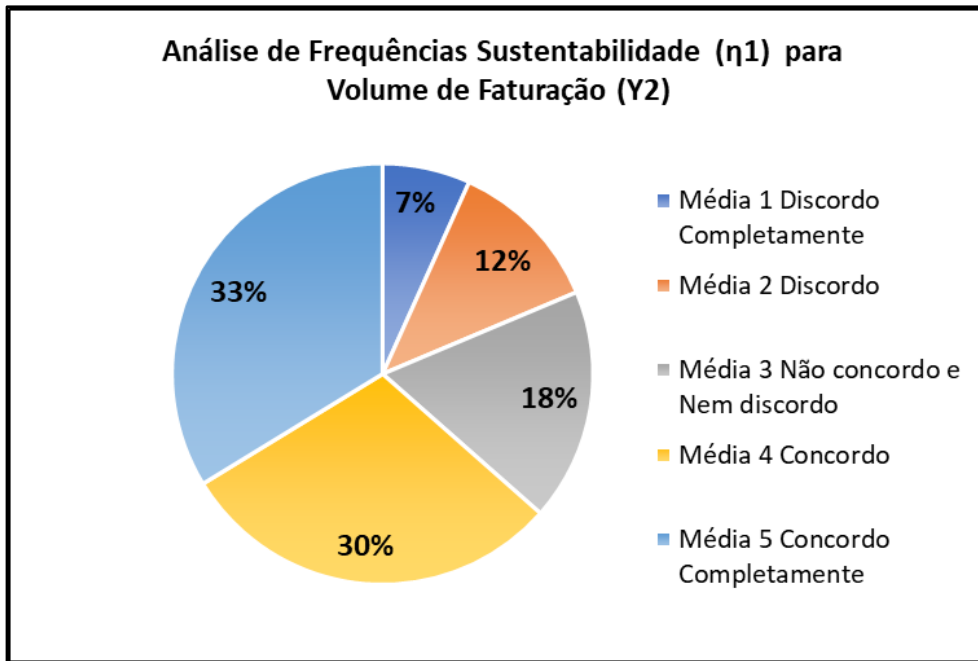


Figura 25. Análise de frequências sustentabilidade ($\eta 1$) para volume de faturação (Y2).

Portanto no que se refere ao aumento do volume de faturação 33% Concordam Completamente e estão mais propícias a gerar maiores resultados, observando uma proporção maior em diminuir as quantidades de empresas que Discordam Completamente 7% a sustentabilidade não tenha efeito de aumento em seus volumes de faturação.

Pergunta 5.1.3 A empresa tem vindo aumentar a sua quota de mercado.

De referir que as rede de negócio como acionistas, consumidores e clientes, público interno, comunidade, fornecedores, meio ambiente, governo e ainda com a sociedade em geral de modo que muitas delas já conseguem até olhar mais além na Figura 26, e aperceber-se na análise de frequência para sustentabilidade que 14% Discordam do aumento da sua quota de mercado.

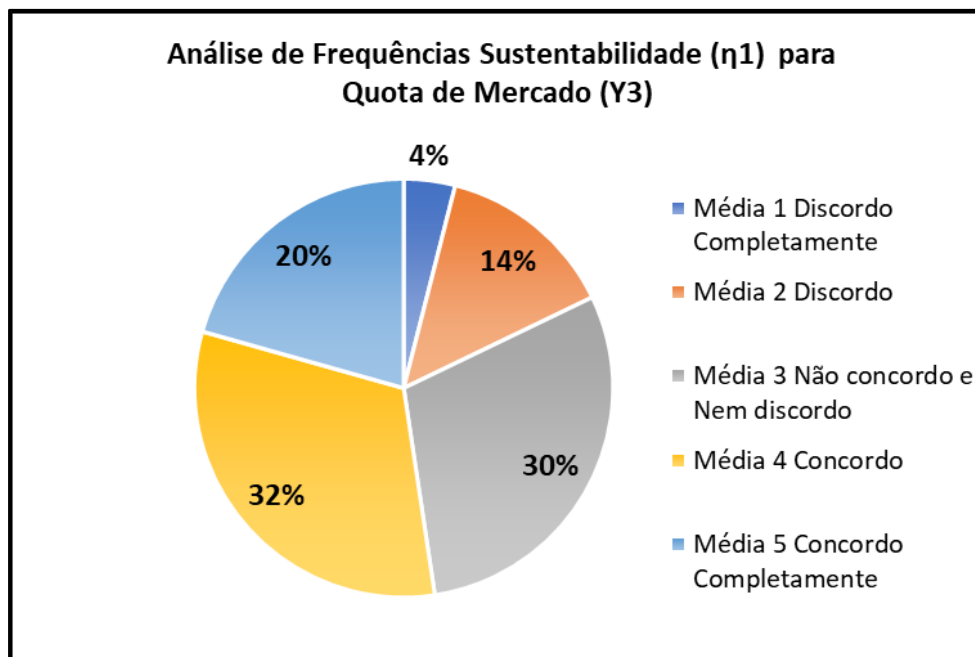


Figura 26. Análise de frequências sustentabilidade (η_1) para quota de mercado (Y3).

Seguidamente que se torna também cada vez mais importante manter-se na linha de frente e estar atualizadas para o aumento de sua quota, 20% Concordam Completamente uma das formas de o conseguirem e através da participação em conferências relativas a recentes altas tecnologias. Mesmo porque 30% Não Concordam e Nem Discordam das empresas pois operam em nível mundial na sua quota de mercado e na busca de alternativas económicas para sua manufatura terceirizam parte de seus processos produtivos.

Para melhor perceção, 32% Concordam que a sustentabilidade tenha vindo aumentar sua quota de mercado por exemplo contratando outras empresas a extração de matérias-primas, a manufatura e a distribuição de produtos, sejam eles acabados ou insumos para outros processos.

Pergunta 5.2.2 A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida.

É reconhecida a importância do cumprimento da legislação onde as empresas devem evitar causar danos ao meio ambiente e/ ou à sociedade, obteve-se Figura 27, o objetivo desta pergunta A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida a Média igualitária entre Não Concordo e Nem Discordo, e Concordo foi de 30% comprovando que os problemas ambientais na podem causar danos à imagem das empresas perante a sociedade e o mercado em que atuam e, consequentemente, afetar suas vendas.

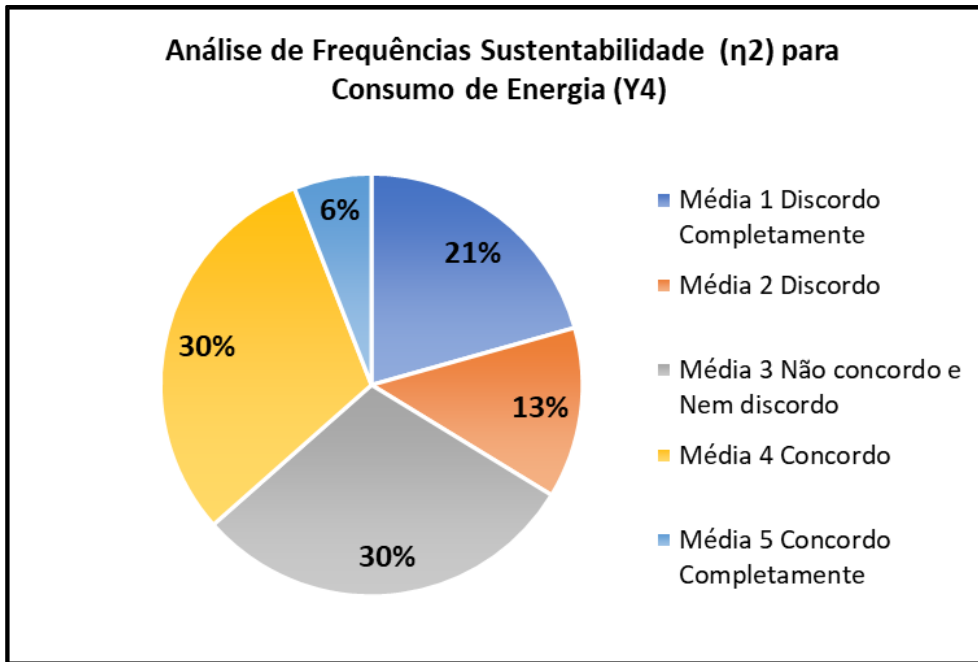


Figura 27. Análise de frequências sustentabilidade (η^2) para consumo de energia (Y4)

Relativamente 21% Discorda Completamente pois os recursos limitados deverão escolher quais práticas sustentáveis deverão colocar em prática para reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida.

Pergunta 5.2.4 A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

Segundo a análise de frequência da Sustentabilidade Ambiental Figura 28. para pergunta se, a empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular a Média maior é de 28% Concordam Completamente através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

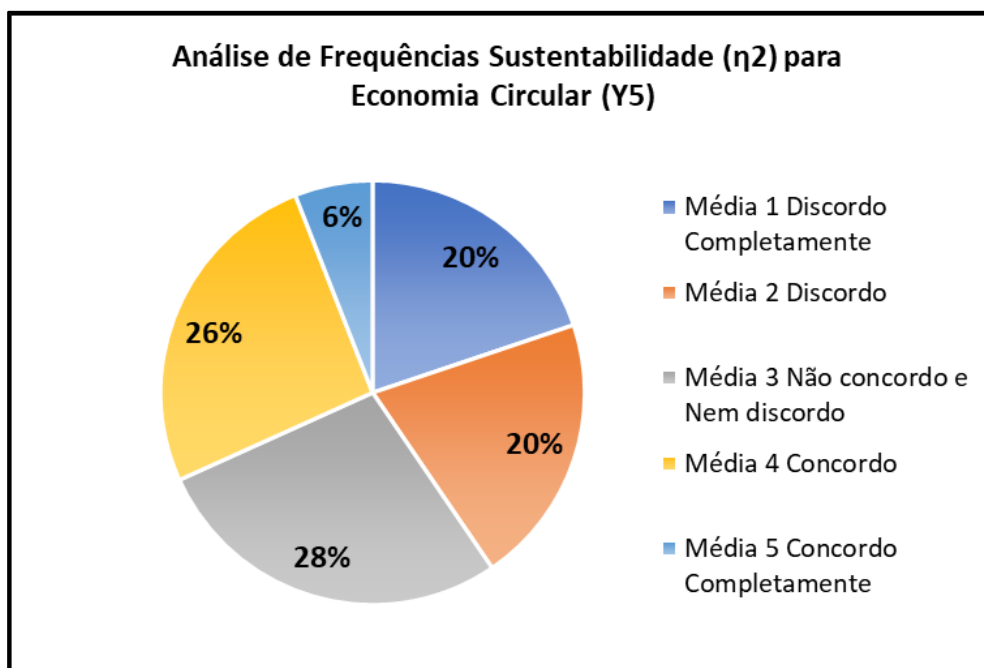


Figura 28. Análise de frequências sustentabilidade (η^2) para economia circular (Y5).

De referir a ênfase que a União Europeia tem dado à sustentabilidade pode ser um prenúncio para a criação de outras normas pois a representação considerável das Médias 1 Discordo Completamente e Média 2 Discordo igualmente de 20% que possam vir a se tornar mundiais aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

Pergunta 5.2.5 A empresa tem vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente.

Para melhor perceção entre a colaboração nem sempre conducentes (ver Figura 29) a boas práticas nomeadamente sociais, para com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente, apresentam-se por representação gráfica os resultados obtidos por Médias de 1 a 5.

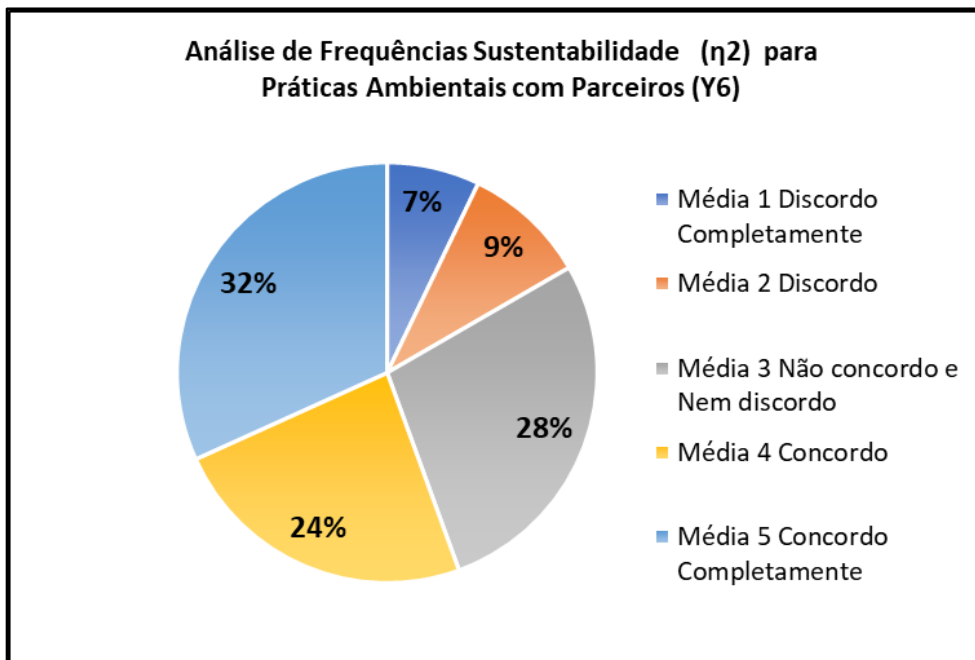


Figura 29. Análise de frequências sustentabilidade (η^2) para práticas ambientais com parceiros (Y6).

As empresas que Concordam Completamente 32% tendo a Média 5, enquanto se assiste a um constante aumento para as Média 3 Não Concordo e Nem Discordo 28% e Média 4 Concordam 24% vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente.

Pergunta 5.3.2 A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores.

Esta análise na Figura 30, verifica-se as frequências entre Sustentabilidade Social para Remuneração Salarial nas empresas tem vindo aumentar o nível de remuneração dos seus colaboradores, a proporção da média 32% Não Concordam e Nem Discordam.

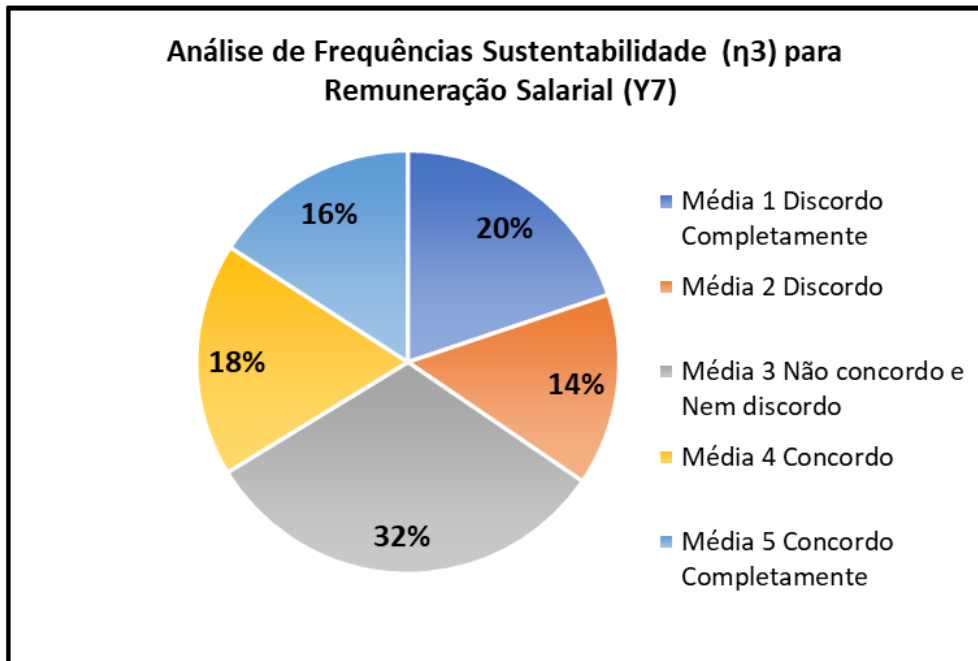


Figura 30. Análise de frequências sustentabilidade (η3) para remuneração salarial (Y7).

Porém, convém frisar que o fator humano deve, naturalmente, continuar sempre e cada vez mais a ser o aspecto central a ser melhor acautelado aquando a proporção de 20% Discordância Completamente chega a ser mais alta do que Média Discordo 14% e Concordo com 18% as definições dos mais diversos figurinos e modelos de organização do trabalho, está a crescer de forma lenta Concordar Completamente 16% entre as médias com uma consequente construção de organizações cada vez mais justas, saudáveis e verdadeiramente integradoras, uma vez tratar-se da “peça” fundamental no pulo da sustentabilidade.

Pergunta 5.3.3 A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores.

Esta pergunta vem como resultado final na análise de frequências Figura 31, entre a Sustentabilidade Social para as Condições de Trabalho se a Média 5 com a proporção de 34% que as empresas têm vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores.

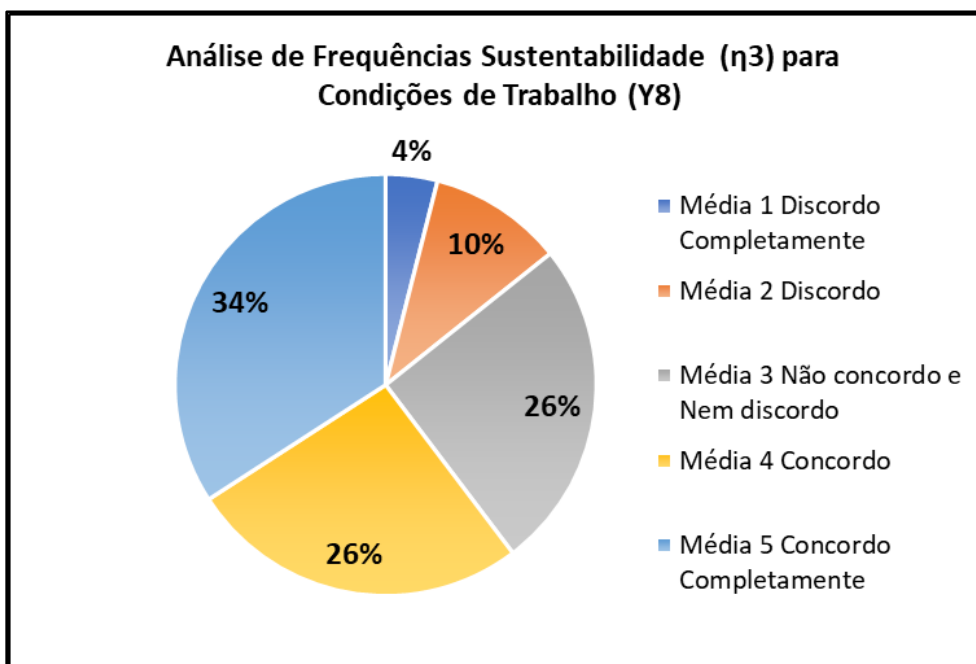


Figura 31. Análise de frequências sustentabilidade (η_3) para condições de trabalho (Y8).

Em breve como se confirma nas Médias 3 e 4 as proporções são iguais 26% as regulamentações são necessárias para criar pressões que motivem as empresas a inovar, melhorar a qualidade ambiental, alertar e educar as empresas e o crescimento rápido entre as Médias 1 e 2 de 6% isso diz a respeito de prováveis ineficiências de recursos e potenciais áreas para inovações tecnológicas possa vim a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores.

Pergunta 5.3.4 A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente.

Quanto a está abordagem atual se a empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente a Figura 32, observada e questionada com a Média 32% Não Concordam e Nem Discordam ainda acerca do impacto que poderá ter a mudança para um cenário de produção em que cada indivíduo possa criar o seu próprio posto de trabalho faz-se observar a baixa variância entre as Média 2 e 4 de 4%.

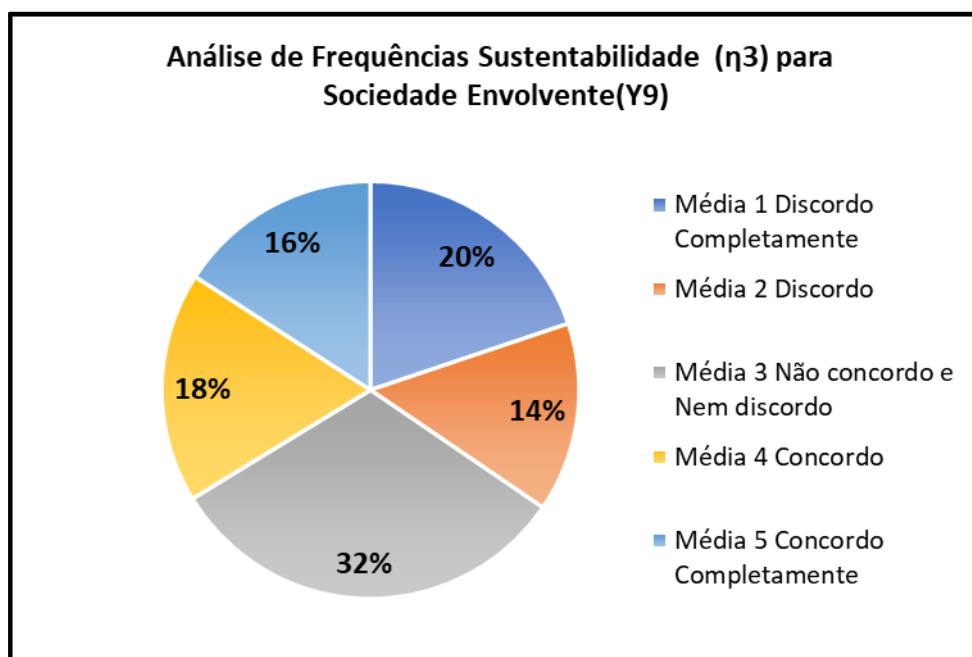


Figura 32. Análise de frequências sustentabilidade (η_3) para sociedade envolvente (Y9).

E através destas Médias 1 Discordo Completamente 20% observa-se um crescimento muito rápido de 4% para atingir a Média 5 Concordo Completamente as empresas tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente 16% tendo como uma visão que as organizações de sistemas sócio técnicos abrangentes podem impactar, nomeadamente a nível social, despoletados por diversos tipos de relações.

4.4. Análise Descritiva das Variáveis Manifestas do LM e da I4.0 no desenvolvimento das empresas

Para ajudar a responder à primeira questão - Qual o conhecimento que as empresas têm sobre as filosofias LM e I4.0? será apresentado, para cada Construto e suas respetivas variáveis manifestas as médias, os erros e desvios padrões, os gráficos de barras e os diagramas de caixa. Os gráficos de barras mostram os números de respostas nas opções fornecidas e o digrama de caixa representa as tendências destas respostas.

Com o objetivo de melhor entender as principais características das empresas e dos respondentes que submeteram a sua avaliação ao presente estudo, a Tabela 18 apresenta os resultados das médias, erros e desvios padrões para as variáveis manifestas dos Construtos e em seguida os gráficos de barras da Figura 33 até à Figura 35 ilustram as comparações e no diagrama de caixa encontram-se os resultados das variáveis manifestas referentes ao Construto exógeno *Lean* ξ_1 .

Tabela 18. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas X1, X2 e X3.

Variável manifesta	Descrição no Inquérito	Média	Desvio Padrão
X1	A empresa incrementou fluxos produtivos puxados pelas necessidades do cliente interno dentro da organização e do cliente externo?	2,76	1,06
X2	A empresa reduziu o número de produtos com defeito?	3,36	1,157
X3	A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos?	3,51	1,206

Quando questionadas acerca do processo entre o cliente interno e o externo 108 empresas em termos de resposta média para *Lean* ξ 1 é de 2,76%, os que não tinham a certeza se os seus produtos chegavam aos seus clientes com qualidade, porém, conforme mencionado em (Almeida, A.; Bastos, J.; Francisco, R.; Azevedo, A.; Ávila, P., 2016), para todos os processos existem um cliente.

Embora no gráfico de barras, da Figura 33, se note que a maioria das empresas discordam completamente, 1,060 % são referentes a casos em que são mencionados existir clientes que originam defeitos que passam por um segundo processo de retificação, seguindo os requisitos descritos, conforme expresso abaixo, e podendo-se verificar, adicionalmente, a mediana do diagrama de caixa, relativamente à comparação das três variáveis manifestas para *Lean* ξ 1.

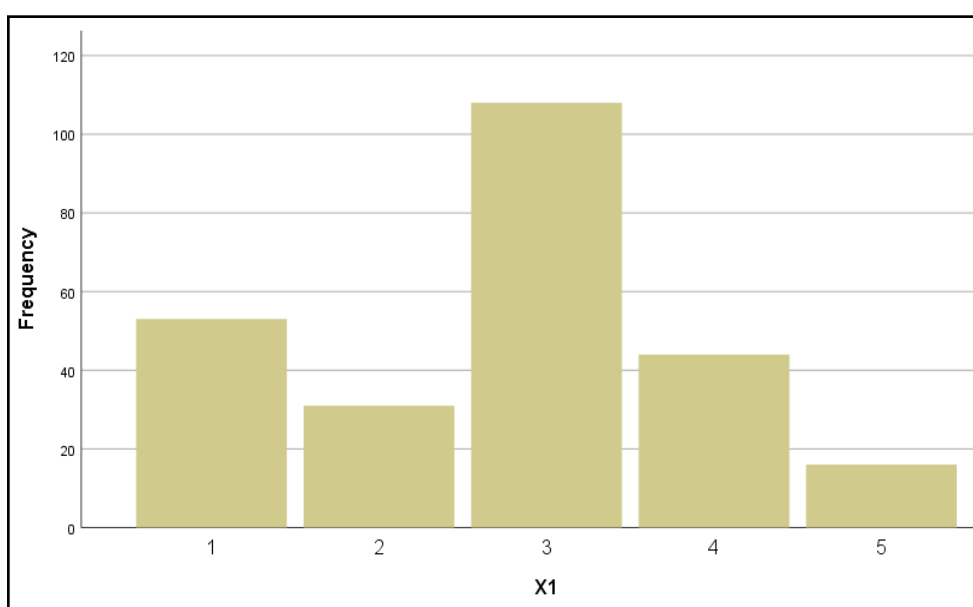


Figura 33. Gráfico de barras para a variável manifesta X1 do Construto *Lean* ξ 1.

O gráfico de defeitos, da Figura 34, mostra que 97 empresas não têm certeza (3,36%) acerca da relação entre LM e a redução do número de defeitos em produtos que requerem o reprocessamento ou repetição de esforço laboral para a correção dos problemas detetados.

Porém, 76 empresas nesta pesquisa responderam que reduziram o números de avaria nos equipamentos, face à aplicação de LM, conforme se pode verificar pela análise da Figura 34, sendo que 3,51% não concordam e nem discordam que a relação entre o números de avaria nos equipamentos com LM e 25,8%, num total de 65 empresas estão convictos de que o desenvolvimento de estratégias e planos de ação que envolvam novos equipamentos produtivos, mais fiáveis e modernos permitirá responder melhor às atuais necessidades de redução de avarias, bem como no sentido de aumentar a produtividade, nomeadamente recorrendo também à implementação de políticas de manutenção mais assertivas e focadas no objetivo de “zero avarias”, com base, por exemplo, em abordagens e tecnologias de manutenção preventiva e preditiva.

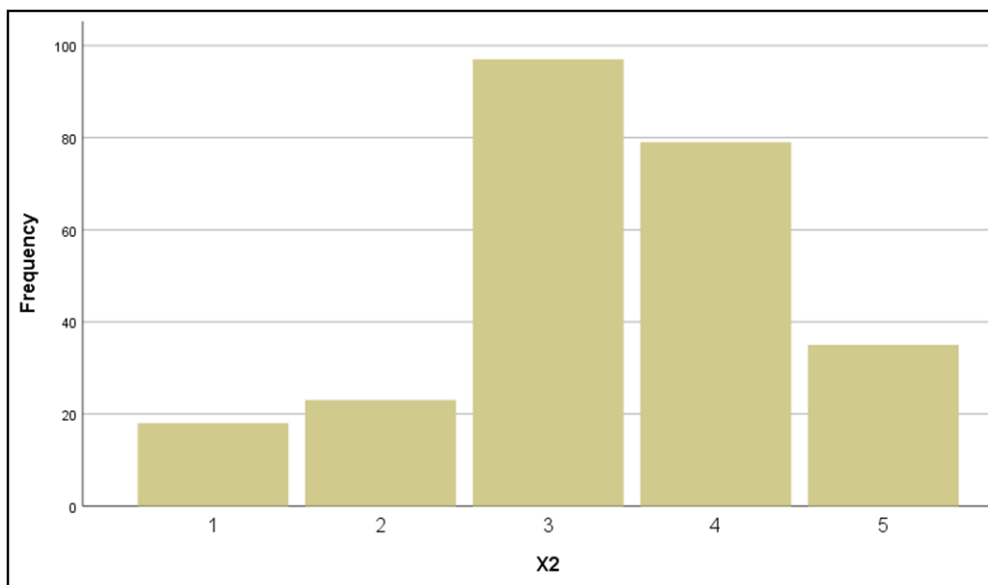


Figura 34. Gráfico de barras para a variável manifesta X2 do Construto Lean ξ 1.

Salienta-se na Figura 35. Gráfico de barras da variável manifesta X3 do Construto Lean ξ 1, que a associação entre as variáveis para a construção do modelo depende totalmente de como as variáveis manifestas estão relacionadas umas com as outras. Os indicadores convergentes dos desvios padrão principais determinados são relativos às ‘Falhas’ (X3), com 1,206%, seguidos dos ‘Defeitos’ do produto (X2), com um desvio de 1,157% e, finalmente, da ‘Produção *Pull*’ (X1), com um desvio padrão de 1,060%.

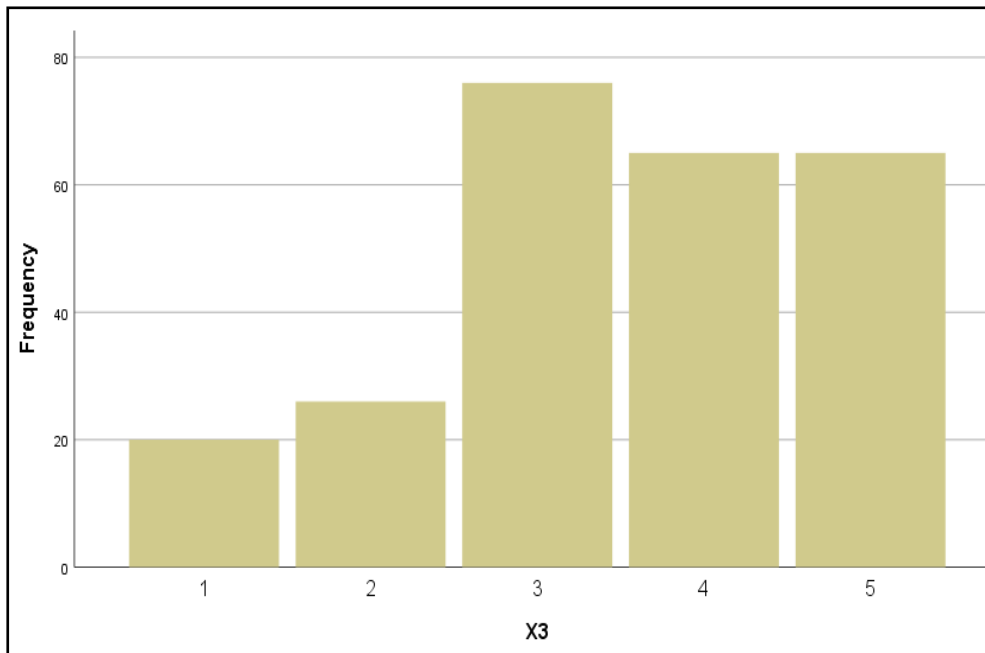


Figura 35. Gráfico de barras da variável manifesta X3 do Construto Lean ξ 1.

Relativamente à Figura 36, da posição do Construto Lean ξ 1, é interessante verificar no diagrama de caixas das variáveis, que 95% do erro, relativo às principais variáveis subjacentes, X1, X2 e X3 pelos inquiridos, permitem indicar, com bastante precisão, o quão distante ou disperso pode estar o correspondente valor reportado de um valor sem erros, no que se refere à avaliação de ‘não concordam nem discordam’ relativamente à relação entre Lean e a sustentabilidade numa organização.

Foram analisadas as independências das observações verificadas através das respostas fornecidas por um conjunto representativo de sujeitos diversos, através de um processo de amostragem aleatória por forma a concluir acerca da significância dos correspondentes parâmetros, conforme se expressa pelos dados estatísticos apresentados na Tabela 19. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas X4, X5 e X6.

Adicionalmente, os gráficos de barras correspondentes são apresentados na Figura 36 até à Figura 38, sendo que na Tabela 19 encontra os resultados da média entre as variáveis manifestas referentes para se perceber melhor as relações existentes.

Tabela 19. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas X4, X5 e X6.

Variável Manifesta	Descrição no Inquérito	Média	Desvio Padrão
X4	A empresa tem vindo a recorrer a modelos tratamentos de grande volume de dados?	3,35	1,167
X5	A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia?	3,75	1,128
X6	A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização?	3,12	1,013

Apreciados os dados relativos à variável manifesta *big data* (X4), verifica-se uma média de 3,35%, em relação à digitalização (X6), uma média de 3,12%, e em relação à variável (X5), relativa a Robôs Automatizados, uma média de 3,75%.

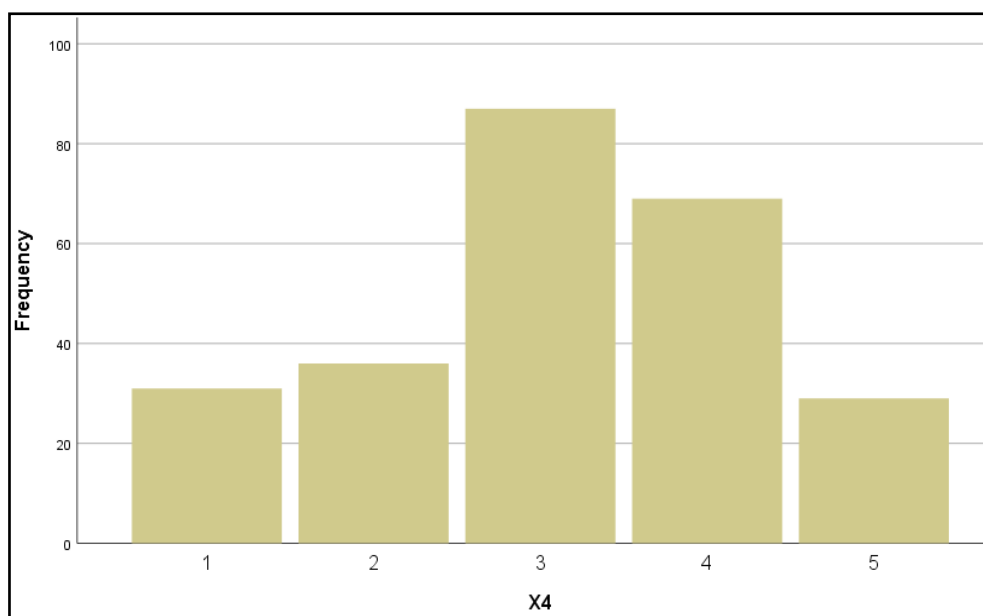


Figura 36. Gráfico de barras para a variável manifesta X4 do Construto I4.0 ξ2.

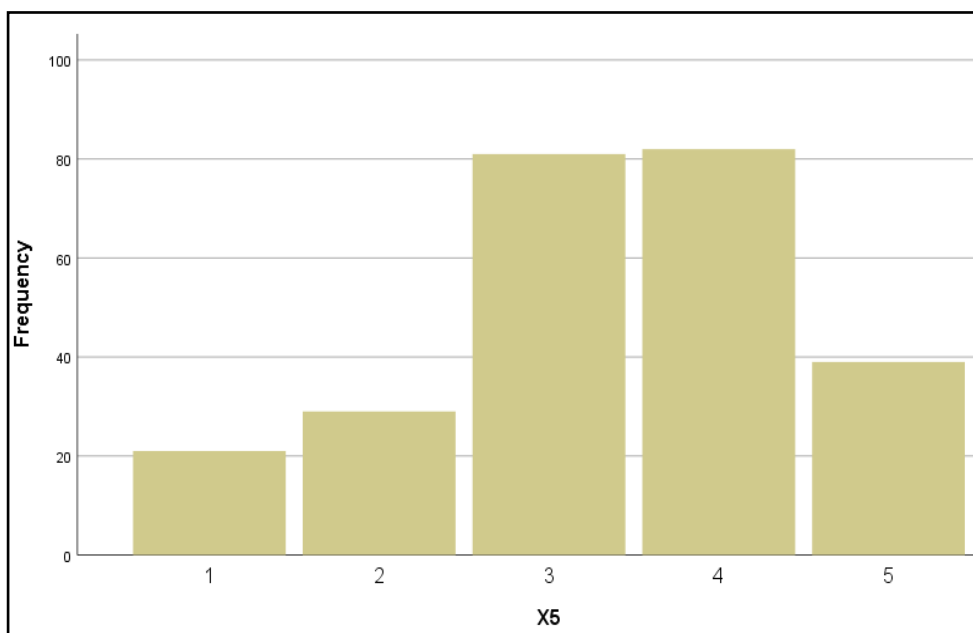


Figura 37. Gráfico de barras da variável manifesta X5 do Construto I4.0 ξ_2 .

A maior variação entre os valores médios processados na Figura 36, verificou-se para (X5), de robôs autônomos, com o valor de média de 3,75% e para a variável (X4) verificou-se um valor de apenas 1,167%, embora ligeiramente superior ao da variável (X6), que foi de 1,013%, de média.

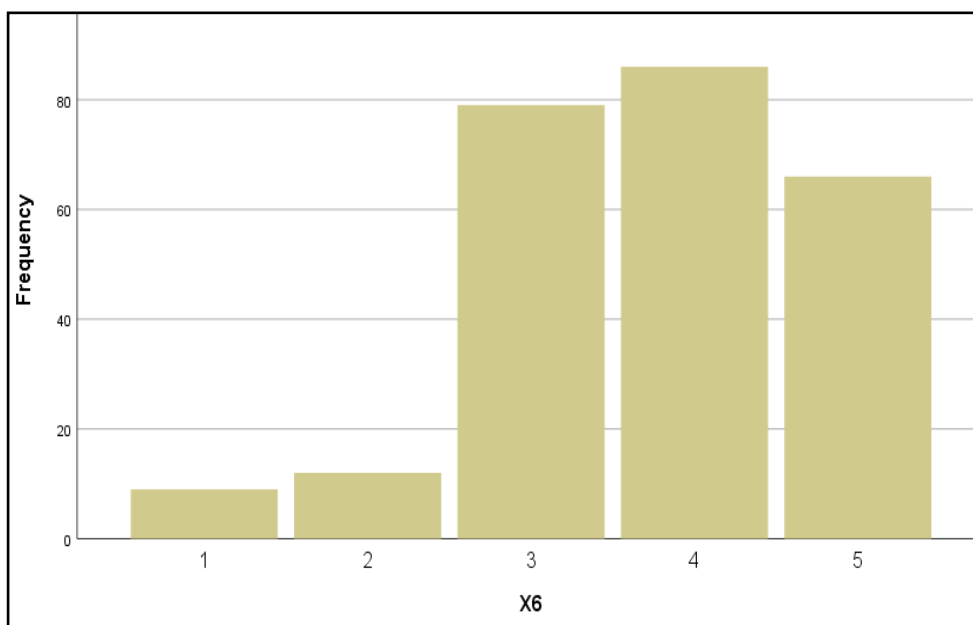


Figura 38. Gráfico de barras da variável manifesta X6 do Construto I4.0 ξ_2 .

4.5. Análise Descritiva das Variáveis Manifestas das três dimensões da sustentabilidade no desenvolvimento das empresas

Para responder as percepções, em geral, das três dimensões da sustentabilidade no desenvolvimento das empresas, com base em processos subjacentes a *LM* e *I4.0*, através do Modelo desenvolvido, seis questões foram analisadas por forma a perceber relações existentes entre as três dimensões da sustentabilidade (económica, ambiental e social) e as filosofias *Lean* e *I4.0*, bem como entre estas duas filosofias.

Neste sentido, gráficos de barras e diagramas de caixa relativos às variáveis manifestas dos Construtos *Lean* e *I4.0* foram analisados, com um dos intuitos principais de analisar valores médios, erros e desvios padrão, referentes a estas variáveis manifestas, que compõem então os Construtos no modelo de estudo proposto.

A abordagem técnica utilizada permite caracterizar as importantes variáveis, através da utilização da escala de *Likert*, de 5 pontos, sendo de realçar, como referido anteriormente, que as variáveis *Lean*, x_1 ; *Lean*, x_2 ; *Lean*, x_3 ; *I4.0*, x_4 ; *I4.0*, x_5 ; *I4.0*, x_6 ; *S.E.*, y_1 ; *S.E.*, y_2 ; *S.E.*, y_3 ; *S.A.*, y_4 ; *S.A.*, y_5 ; *S.A.*, y_6 ; *S.S.*, y_7 ; *S.S.*, y_8 ; e *S.S.*, y_9 ; devido à sua especificidade, foram medidas diretamente, conforme os critérios estabelecidos e informação adicional sobre as variáveis manifestas relativas à dimensão de sustentabilidade económica são apresentadas na Tabela 20.

Tabela 20. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas Y1, Y2 e Y3.

Variável Manifesta Sustentabilidade Económica	Descrição no Inquérito	Média	Desvio Padrão
Y1	A empresa tem vindo aumentar o seu lucro?	3,74	1,014
Y2	A empresa tem vindo aumentar o seu volume de faturação?	3,85	0,961
Y3	A empresa tem vindo aumentar a sua quota de mercado?	3,67	1,013

O nível de preparação das empresas para as percepções efetivamente entre relações obtidas através da dimensão de sustentabilidade económica ($\eta 1 \cong (Y1, Y2 \text{ e } Y3)$) é de ser de médio a médio elevado, para o volume de faturação e lucro. Para o nível obtido de preparação ambiental, é de médio a médio elevado, no que se refere ao consumo energético e no referente à economia circular na sustentabilidade ($\eta 2 \cong (Y4, Y5 \text{ e } Y6)$) e informação relativa aos resultados obtidos para estas variáveis (Y1 a Y3) são apresentadas nos gráficos das Figuras 39 a 40 e o correspondente diagrama de caixas relativas aos valores médios das variáveis de ‘Lucro’, ‘Volume de Faturação’ e ‘Quota de mercado’, na Figura 41.

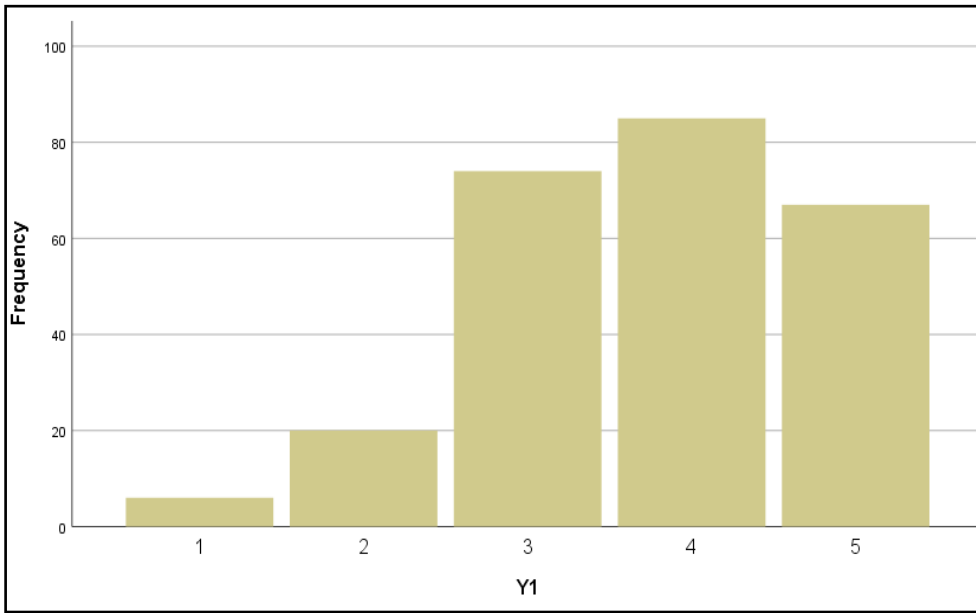


Figura 39. Gráfico de barras para a variável manifesta Y1.

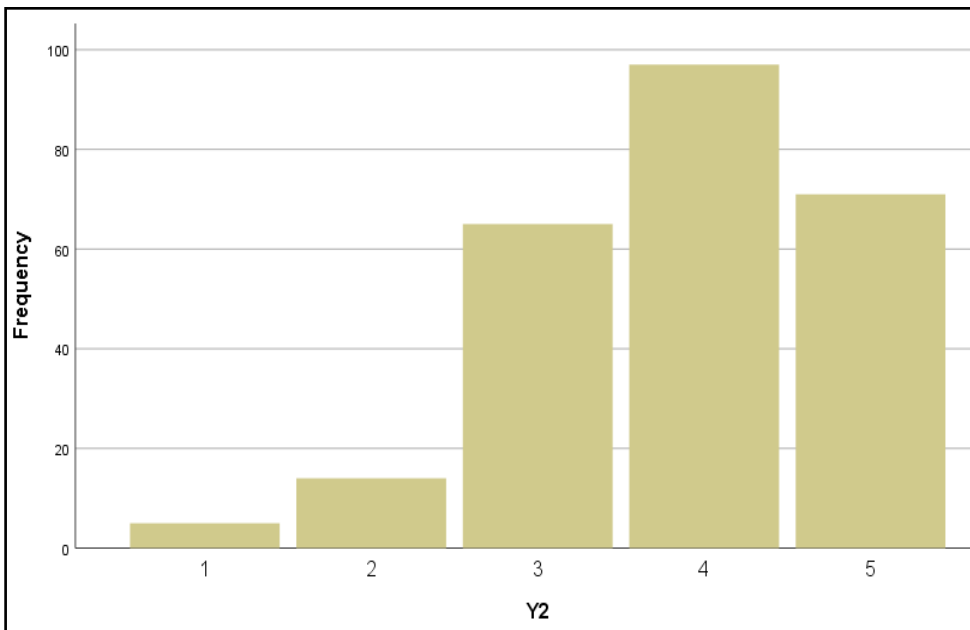


Figura 40. Gráfico de barras para a variável manifesta Y2.

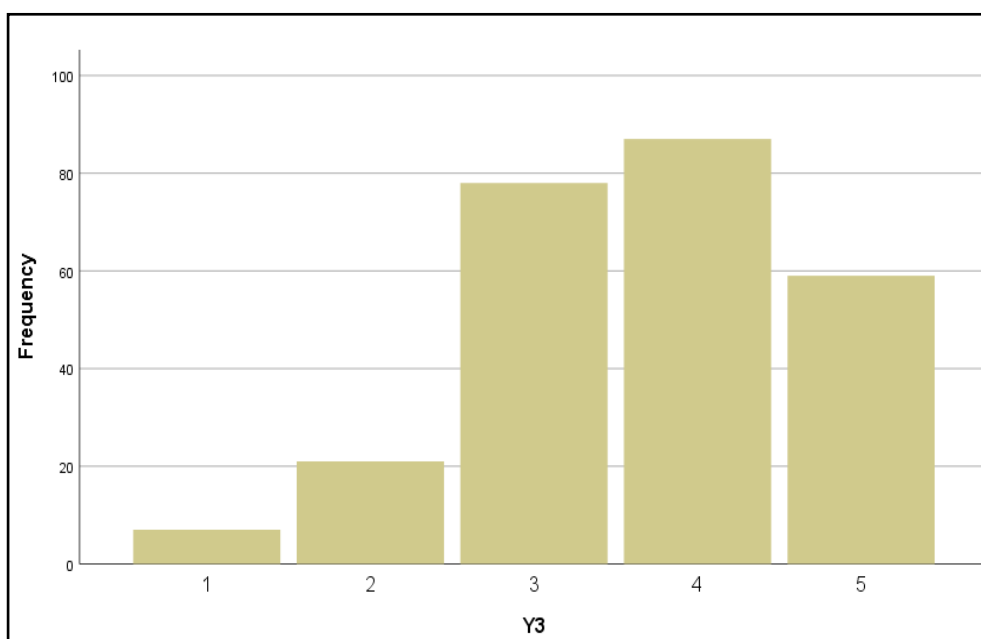


Figura 41. Gráfico de barras para a variável manifesta Y3.

Tabela 21. Resultados da média, erro e desvio padrão das variáveis manifestas Y4, Y5 e Y6.

Variável manifesta Sustentabilidade Ambiental	Descrição no Inquérito	Média	Desvio Padrão
Y4	A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida?	3,43	0,997
Y5	A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida?	3,66	0,924
Y6	A empresa tem vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente?	3,42	1,146

Com a ânsia da modernização das empresas, por forma a maximizar seus lucros, as indústrias perceberam que seus operadores têm suas limitações de trabalho, logo se tornou necessário substituir o trabalho humano por mecanismos “robotizados” ou automáticos, em muitos casos, sendo que o funcionamento dos sistemas de produção face à introdução de tais alterações ficam dependentes de um conjunto de aspetos ou variáveis e que nesta investigação foram também alvo de análise, nomeadamente no que se refere aos consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis, por unidade produzida, bem como ao uso de práticas de reutilização ou reciclagem de produtos em fim de vida e ainda aspetos mais especificamente relacionados com o seguimento de práticas e políticas amigas do ambiente, entre outras. Pretende-se então compreender melhor estes aspetos, através dos Construtos subjacentes ao

modelo desenvolvido e das correspondentes partes do inquérito, com as respostas obtidas, sendo que as frequências dos vários tipos de resposta estão expressas nas figuras seguintes, da Figura 42 à Figura 44, sendo que esta última, sumaria os valores da média, do erro e do desvio padrão, através do correspondente diagrama de caixas.

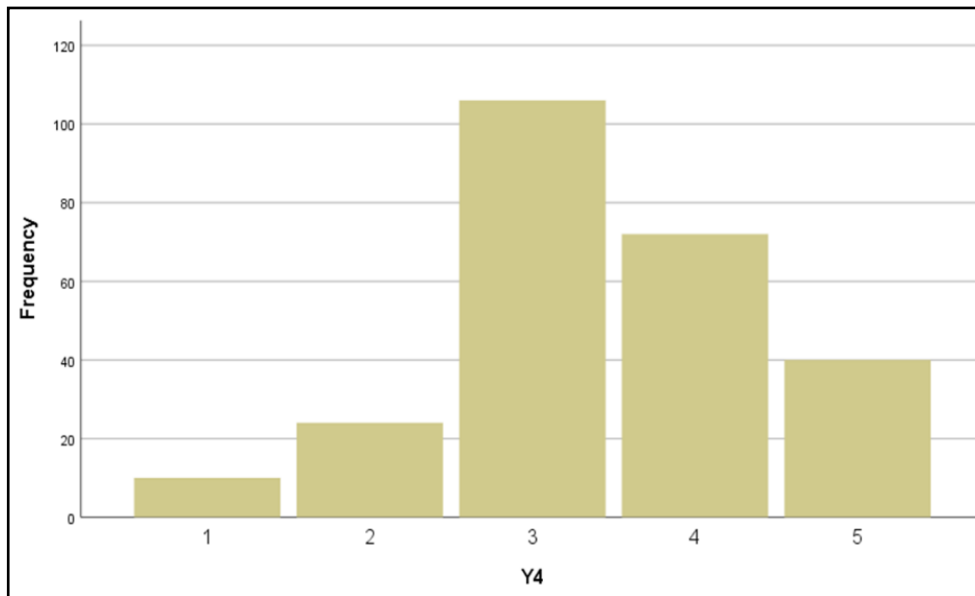


Figura 42. Gráfico de barras para a variável manifesta Y4.

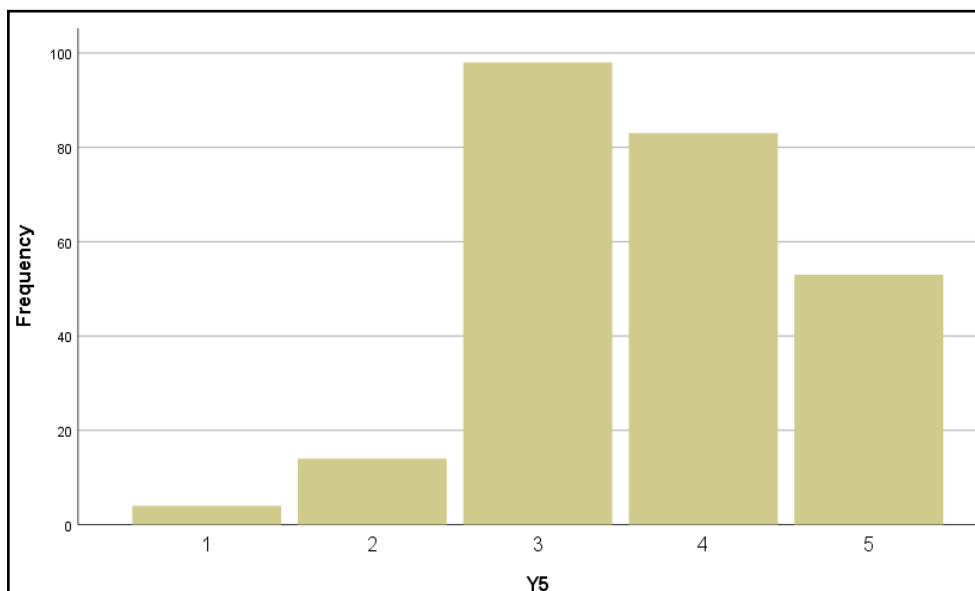


Figura 43. Gráfico de Barras para a Variável Manifesta Y5.

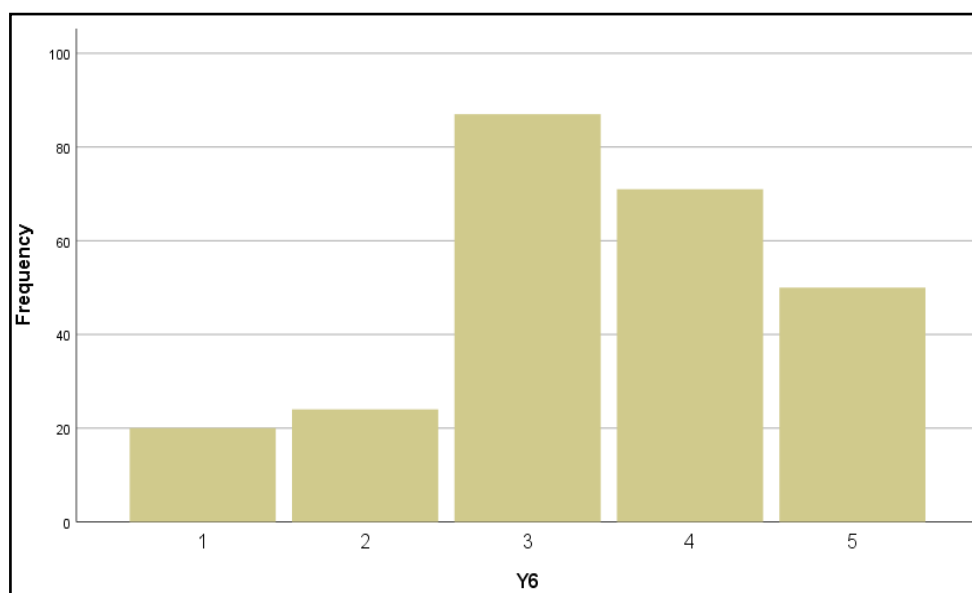


Figura 44. Gráfico de barras para a variável manifesta Y6.

Na Tabela 22 está sumariada informação principal relacionada com a dimensão de sustentabilidade social, através das variáveis manifestas Y7 a Y9, relativas à análise do nível de remuneração salarial dos colaboradores nas empresas (Y7), bem como à análise das condições de trabalho dos colaboradores (Y8) e ainda às condições da sociedade envolvente (Y9).

Tabela 22. Resultados da média, erro e desvio padrão para as variáveis manifestas Y7, Y8 e Y9.

Variável manifesta Sustentabilidade Social	Descrição no Inquérito	Média	Desvio Padrão
Y7	A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores?	3,27	1,129
Y8	A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores?	2,85	1,234
Y9	A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente?	3,29	1,112

Através da análise efetuada, foi possível constatar que as empresas têm atualmente preocupações a nível da sustentabilidade social e uma boa perceção quanto ao nível de preparação que estas precisam de atingir para viabilizar um consistente desenvolvimento de condições de trabalho e remuneração salarial apropriadas, bem como no que se refere a preocupação com o ambiente envolvente e à sociedade em geral, conforme se expressa neste

trabalho através das variáveis em $(\eta 3)\bar{\pi}$ (Y7, Y8 e Y9), que representam valores médias a elevado, em termos médios de impacto na sociedade. Sendo que a Figura 45 é relativa à variável manifesta Y7, a Figura 46 é relativa à variável manifesta Y8 e a Figura 46 é relativa à variável manifesta Y9. Adicionalmente, na Figura 47 é representado o correspondente diagrama de caixas, com a síntese dos valores de média, erro e desvio padrão, referentes à análise efetuada relativa à perceção das empresas sobre as questões de ‘Remuneração salarial’, ‘Condições de Trabalho’ e ‘Impacto Social’.

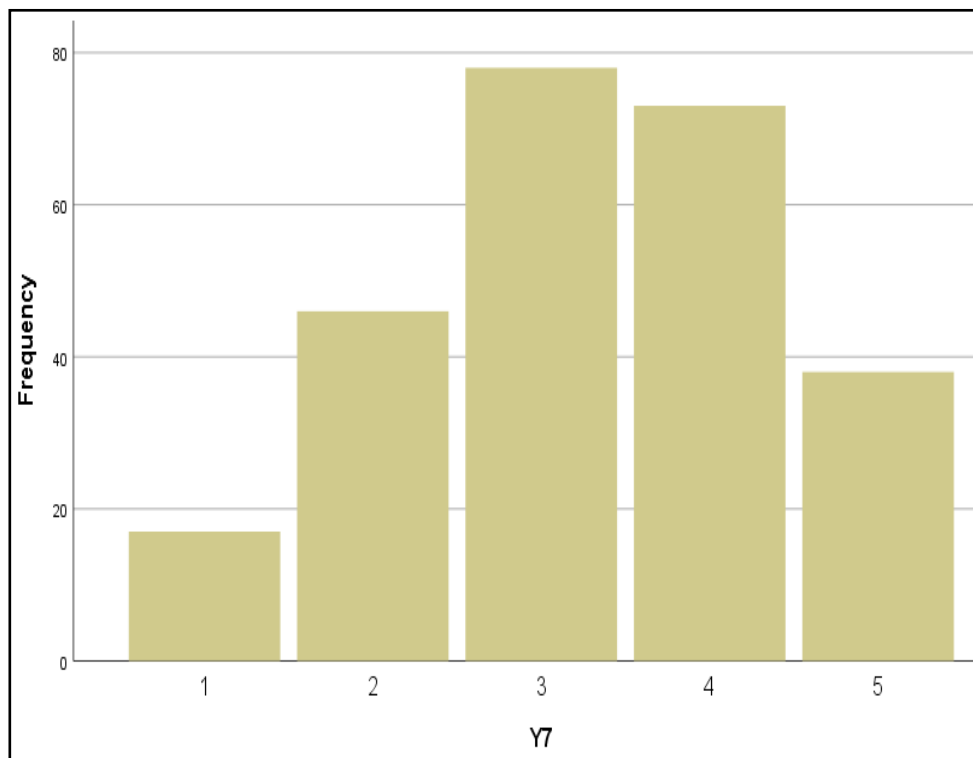


Figura 45. Gráfico de barras para a variável manifesta Y7.

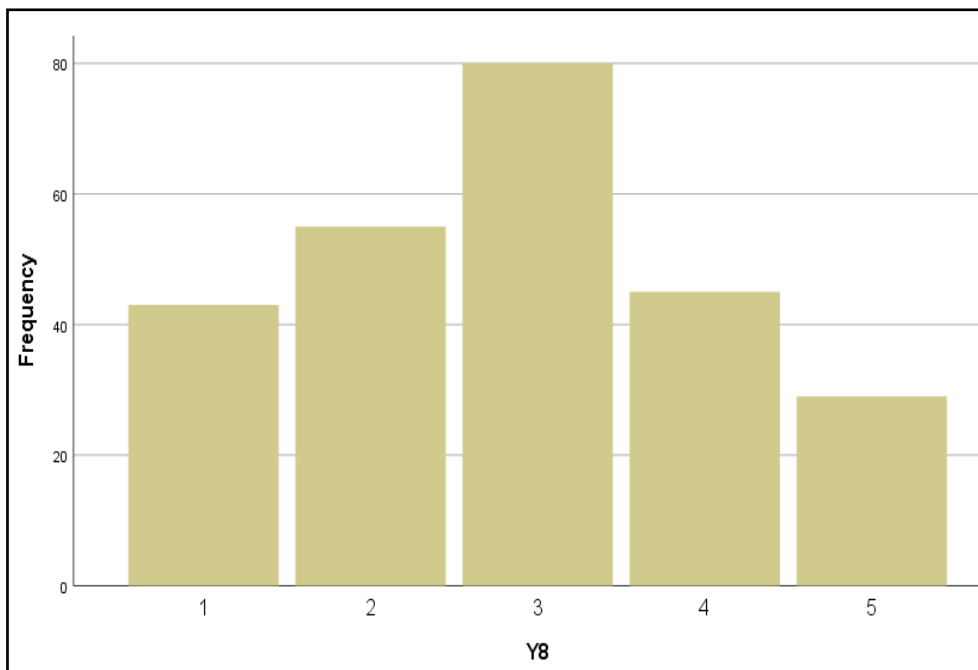


Figura 46. Gráfico de barras para a variável manifesta Y8

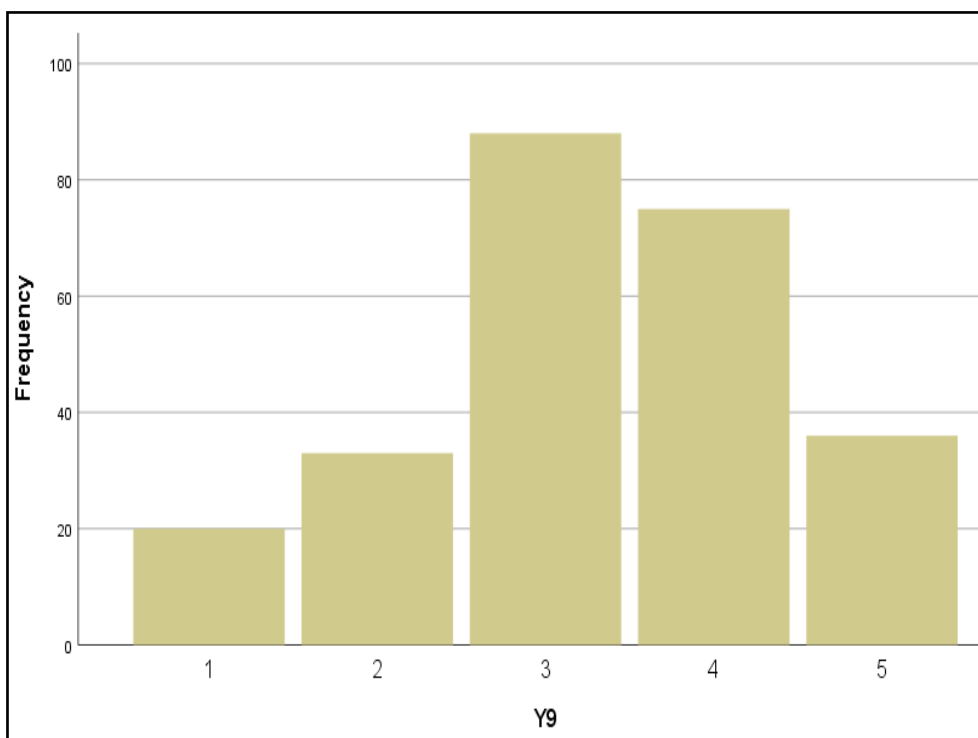


Figura 47. Gráfico de barras para a variável manifesta Y9.

Após a análise descritiva efetuada, será feita no próximo capítulo a validação empírica das medidas enunciadas para os cinco Construtos do modelo teórico através de Análise Fatorial Confirmatória (AFC), e testado o modelo proposto através da Análise de Equações Estruturais (AEE).

5. VALIDAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Este capítulo tem como objetivo, por um lado, a validação dos Construtos utilizados no modelo estrutural proposto e, por outro, a análise de equações estruturais das relações propostas no respetivo modelo.

A principal contribuição ou novidade deste trabalho reside, por um lado, na temática de estudo em si, dado que não foi encontrado nenhum estudo afim na literatura, ao mesmo tempo que é um estudo pioneiro nesta área abordado através de uma análise mais formal, baseada em modelos e variáveis específicas, definidas para o tema concreto em estudo. Mais ainda, de realçar que o modelo proposto se baseou num conjunto de assuntos cujos conceitos subjacentes considerados foram analisados em detalhe, através de uma profunda análise efetuada à literatura existente sobre estes assuntos ou temas de base subjacentes ao trabalho desenvolvido, por forma a devidamente se conseguir fundamentar e justificar a premência e necessidade do estudo realizado.

Sendo assim, neste capítulo será apresentada a validação do trabalho realizado.

5.1. Validação do instrumento de pesquisa

Nesta secção serão apresentados o Modelo de Medição (MM) e o Modelo Estrutural (SM) que são compostos por cinco Construtos chamados *Lean*, I4.0, as dimensões da Sustentabilidade Económica, Sustentabilidade Ambiental e Sustentabilidade Social, cada um medido por três indicadores totalizando 15 indicadores, todos medidos em escalas de Likert (1 a 5).

Os pesos fatoriais de cada variável manifesta (λ) em estimativa do coeficiente (β) para cada erro (ϵ), são obtidas através do Método de Máxima Verossemelhança (Bollen, 1989; Hoyle, 1995) sendo obrigatório analisar o ajuste e a validade das variáveis identificadas, para avaliar a qualidade dos dados recolhidos e posteriormente se fazer a avaliação do modelo geral definido.

Além disso, como consequência se realizará a validação do presente trabalho com o método SEM onde se usam vários índices de validação diferentes e neste estudo é considerada a média da população absoluta, relativa e ajustada cujos valores e índices em que foram baseados, com base na teoria da informação subjacente será também apresentada mais adiante.

Um aspeto muito positivo desta investigação, conforme mencionado previamente, assenta no uso de métodos de amostragem e de validação do instrumento de pesquisa, como

sendo formas apropriadas e que permitem reproduzir a estrutura correlacional das variáveis observadas na amostra.

A avaliação da qualidade da pesquisa e dos dados recolhidos, através da quantificação e qualidade da medição dos conceitos definidos, torna-se assim de extrema importância, conforme referido em (Churchill, 1979) e interessa analisar os pesos fatoriais de cada variável manifesta (λ), de cada estimativa de coeficiente (β) e de cada erro (e) através da Método de Máxima Verossemelhança.

A análise efetuou-se então, recorrendo a todos as ferramentas referenciadas e cujas medidas de ajuste consideradas correspondentes estão resumidas na Tabela 23, por forma a atingir os valores dos índices de ajuste apresentados, com um bom ajuste. Adicionalmente, são apresentadas as macros utilizadas no software IBM SPSS Amos.

Tabela 23. Índices, medidas de ajuste e referenciadas.

Índices de Ajuste	Medidas de Ajuste	Referências
χ^2/df	<3	Hu e Bentler, (1999); Wei et al., (2010).
GFI	>0.9	Hu e Bentler, (1999); Wei et al., (2010).
CFI	>0.9	Hu e Bentler, (1999); Wei et al., (2010); Singh, (2009).
TLI	>0.9	Hu e Bentler, (1999); Singh, (2009).
IFI	>0.9	Santora e Bentley, (1990); Wei et al., (2010).
PCFI	>0.6	Mulaik et al., (1989).
PGFI	>0.6	Mulaik et al., (1989).
RMSEA	<0.08; $p > 0.05$	Hu e Bentler, (1999); Wei et al., (2010).
AIC	Menor que o modelo independente	Schmitt, (2011).

Uma vez constatada a validação interna proceder-se-á à validação do modelo de estudo.

5.2. Metodologia de validação do instrumento de pesquisa

Um dos aspetos mais interessantes da análise fatorial, como método de ajustamento, é o facto de ser comprovadamente robusto, mesmo quando os pressupostos não são cabalmente encontrados (Albright, & Park, 2009), podendo-se classificar em dois tipos de acordo com a inexistência de Análise Fatorial Exploratória (AFE) ou a existência da Análise Fatorial Confirmatória (AFC), para as hipóteses sobre a estrutura fatorial, que permite explicar as correlações entre as variáveis manifestas (Marôco, 2010a).

Neste sentido, a análise fatorial confirmatória pode ser utilizada na validação fatorial de um instrumento de pesquisa (Marôco, 2010a), sendo a técnica escolhida para validar o instrumento proposto e para analisar a adequação e validade das variáveis identificadas nesta pesquisa, para o que se deve avaliar a qualidade dos dados recolhidos e posteriormente avaliar o modelo geral definido.

A avaliação do modelo é realizada pelos pesos fatoriais de cada variável manifesta (λ), para cada estimativa de coeficiente (β) e de cada erro (ϵ) e também através de alguns índices em sua maioria que são utilizados pelo Método da Máxima Verossimilhança (Bollen, 1989) e através do software de Modelagem de Equações Estruturais.

5.2.1 Teste de significância à função de discrepância

A medida fundamental da qualidade do ajustamento é o teste do (χ^2) /df ratio minimizada durante o ajustamento do modelo (Hu, 1999 e Wei, et al., 2010). Baixos valores para um modelo bem ajustado resultam em níveis de significância pequenos, de 0.05 ou menos. No entanto o teste χ^2 é muitas vezes afetado pela não normalidade multivariada e pela dimensão da amostra, que ultrapassa os 200 respondentes (Anderson & Gerbin, 1988; Hair, et al., 2009; Marôco, 2010a). Neste caso a estatística de χ^2 tem tendência a rejeitar modelos com amostras grandes ou com um elevado número de variáveis observadas (Hair, et al., 2009).

5.2.2 Índices de qualidade de ajustamento

De acordo com Marôco, (2010a), os índices absolutos avaliam a qualidade do modelo em si sem comparação com outros modelos. Então por forma a conseguir-se modelos hipotéticos bem ajustados e contornar as limitações dos testes pelos índices de ajustamento do modelo foram escolhidos os índices abaixo.

Índices absolutos: estes índices comparam um modelo específico de ajuste com seu modelo saturado.

- χ^2 / df relação qui-quadrado e relação graus de liberdade.
- GFI - Goodness of fit index (Índice de Bondade de Ajuste).

Tabela 24. Índices absolutos

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	.083	.919	.879	.613
Saturated model	.000	1.000		
Independence model	.390	.389	.302	.340

Índices relativos: índices de ajuste relativos que comparam o modelo de ajuste específico ao pior ajuste possível (sem relações entre as variáveis manifestadas) e ao melhor ajuste possível (modelo saturado).

- CFI - Comparative Fit Index
- TLI – Tucker Lewis Index
- IFI – Incremental Fit Index

Tabela 25. Índices relativos

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	.901	.870	.945	.927	.944
Saturated model	1.000		1.000		1.000
Independence model	.000	.000	.000	.000	.000

Índices ajustados pela parcimônia: penalizar os índices relativos pela complexidade e realizar uma melhoria no modelo de forma a aproximá-lo do modelo saturado, através da inclusão de parâmetros livres.

- (PCFI) Parsimony CFI
- (PGF) Parsimony GFI

Tabela 26. Índices ajustados pela parcimônia.

Model	PRATIO	PNFI	PCFI
Default model	.762	.687	.719
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	1.000	.000	.000

NCP (Non-centrality Parameter) - é o valor do parâmetro de não centralidade que representa o χ^2 menos seus graus de liberdade.

Tabela 27. Índices ajustados pela parcimônia NCP.

Model	NCP	LO 90	HI 90
Default model	90.251	56.524	131.732
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	1616.100	1485.372	1754.219

FMIN (Minimum Value of Discrepancy, F) é a função de discrepância mínima.

Tabela 28. Função de discrepância mínima FMIN.

Model	FMIN	F0	LO 90	HI 90
Default model	.678	.360	.225	.525
Saturated model	.000	.000	.000	.000
Independence model	6.857	6.439	5.918	6.989

ECVI (Expected Cross-validation index) é um índice que fornece uma medida da discrepância entre a matriz de covariância ajustada na amostra e a matriz de covariância esperada que poderia ser obtida em outra amostra de mesmo tamanho.

Tabela 29. Expected cross - validation index ECVI.

Model	ECVI	LO 90	HI 90	MECVI
Default model	.997	.863	1.162	1.019
Saturated model	.956	.956	.956	1.021
Independence model	6.976	6.456	7.527	6.985

Os índices de discrepância populacional (Marôco, 2010a) comparam o ajustamento do modelo obtido entre as médias e variâncias da amostra e as quais seriam obtidas da população pelo índice de discrepância populacional que reflete o ajuste do modelo nos momentos amostrais, médias e variâncias amostrais, com os momentos populacionais nas médias e variâncias populacionais pelo efeito de comparação.

Tabela 30. Hoelter

Model	HOELTER .05	HOELTER .01
Default model	151	166
Independence model	19	21

Root Mean Square é a raiz quadrada da matriz dos erros dividida pelos graus de liberdade, assumindo que o modelo ajustado é o correto. Quanto menor o (RMSEA = 0) melhor será o ajustamento e tanto mais perfeito para um valor pequeno, de 0,05 ou menos (Joreskog & Sorbom, 1996 *apud* Marôco, 2010).

Tabela 31. Root mean square error of approximation (RMSEA).

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	.067	.053	.081	.024
Independence model	.248	.237	.258	.000

Os índices baseados em teoria da informação são pertinentes para comparar vários modelos alternativos com ajustes de dados (ver Tabela 32, (AIC)- Akaike Information Criterion - Critério de Informação de Akaike). A proporção da covariância entre as variáveis observadas é explicada por *Goodness-of-Fit* (GFI), pelo modelo ajustado (Marôco, 2010) (ver Tabela 33, o índice tem amplitude de 0 a 1, sendo que valores perto de 1 são indicativos de um bom ajuste).

O objetivo da análise e avaliação das medidas de ajustamento global do modelo é utilizado de forma a analisar a sua fiabilidade e a validação das diversas variáveis constituintes deste modelo, bem como avaliar os modelos propostos.

Tabela 32. Akaike information criterion (AIC).

Model	AIC	BCC	BIC	CAIC
Default model	250.251	255.697	391.428	431.428
Saturated model	240.000	256.340	663.531	783.531
Independence model	1751.100	1753.143	1804.042	1819.042

Tabela 33. Índices de qualidade de ajustamento com respetivos e maior frequência.

Estadística	Valores de Referência	
χ^2 / df	2. 015	<3
GFI	0. 923	>0. 9
CFI	0. 951	>0. 9
TLI	0. 936	>0. 9
IFI	0. 952	>0. 9
PCFI	0. 724	>0. 6
PGFI	0. 615	>0. 6
RMSEA	0,064 (p = 0.058)	<0,08; p>0. 05
AIC	241,163 <1787. 589	Menor que o modelo independente

5.2.3 Análise de resultados, significância de parâmetros e fiabilidade individual

Usualmente tem-se em conta analisar a adequação e validade das variáveis identificadas, devendo-se avaliar a qualidade dos dados coletados, para posterior avaliação do modelo geral definido. Além disso, como consequência, neste trabalho se pretende realizar a avaliação do trabalho desenvolvido através do método subjacente ao Modelo Estrutural (SEM), que utiliza vários índices de validações diferentes e, neste estudo, são considerados os índices absolutos, relativos, com parcimônia ajustada, de discrepância de população e baseados na teoria da informação comum.

Sendo assim, primeiramente é realizada a avaliação do Modelo de Medida (MM) e em seguida, obteve-se a qualidade dos índices de ajuste e os valores apresentados na validação de ajuste do MM - *GFI*: *goodness of fit index*, *CFI*: índice de ajuste comparativo, *TLI*: índice de Lewis de Tucker, *IFI*: *incremental fit index*, *PCFI*: parcimônia *CFI*, *PGFI*: parcimônia *GFI*, *RMSEA*: erro quadrático médio de aproximação, *AIC*: critério de informação de *akaike*.

Os ajustes de medidas obtidos por estes critérios foram de valor $\chi^2 / df = 2,015 < 3$; *GFI* = 0,923 > 0,9; *CFI* = 0,951 > 0,9; *TLI* = 0,936 > 0,9. Para o desenvolvimento do presente trabalho, utilizou-se o software IBM SPSS Amos, versão 24, da IBM Corp., 2016 para empregar o método *SEM* usando o banco de dados obtido, o que conduziu ao estabelecimento do principal objetivo deste trabalho de integrar a informação a analisar num modelo proposto, o que constitui o objetivo central deste estudo:

- Avaliar o modelo contextual de relação entre LM e as dimensões da sustentabilidade, e também entre I4.0 e as dimensões da sustentabilidade no desenvolvimento das empresas.

No Modelo Estrutural (SEM), a relação entre construções exógenas e endógenas é definida e é estabelecida a relação (direta ou indireta) que as construções ou Construtos exógenos aplicam nas construções endógenas, descrevendo estatisticamente os comportamentos das variáveis subjacentes.

Os valores consistem nas diferenças individuais entre as covariâncias observadas e as covariâncias estimadas, estandardizados ou estimados pela divisão dos elementos da matriz que estimativa o desvio-padrão dos erros (Hair, et al., 2009; Marôco, 2010).

As variáveis estandardizadas podem ser utilizadas para identificar pares de itens, nos quais o modelo de medida especificado não prediz com exatidão a covariância observada entre esses pares de itens. Os pesos fatoriais indicam o grau de correlação existente entre cada item e o respetivo Construto latente, apresentando-se estandardizados para possibilitar

interpretações comparativas de importância no respetivo Construto (Schumacker & Lomax, 2010).

Elevados pesos fatoriais num fator indicam que os itens convergem num ponto comum com o Construto latente, indicando elevada validade fatorial. Regras de orientação neste sentido, sugerem que os pesos fatoriais devem ser de pelo menos 0.5 e idealmente iguais ou superiores a 0.7 (Hair, et al., 2009).

A significância estatística de cada coeficiente estimado também deve ser observada e pode avaliar-se com um teste Z e as estimativas não significativas sugerem que o item deve ser eliminado da mesma forma que uma estimativa pode ser significativa, para elevados níveis de significância (i.e., $p < 0.001$) e, no entanto, ter um peso fatorial consideravelmente abaixo de 0.5., sugerem que a variável é candidata à eliminação do modelo (Hair, et al., 2009).

Finalmente, há a necessidade de representar o modelo teórico que permita a identificação das relações hipotéticas entre as variáveis, para validar a premissa teórica que o presente trabalho pretende provar, ou seja, a relação entre os contextos LM, I4.0 e as três dimensões da Sustentabilidade, o que foi estabelecido através do uso da técnica de modelagem denominada *Structural Equation Modeling (SEM)* (Schumacker & Lomax, 2010; Bollen, 198).

Essa metodologia é identificada como análise multivariada, geralmente expressa em modelos lineares, que incluem erros de medição associados às variáveis estabelecidas no modelo (Bollen, 1989; Marcoulides, & Schumacker, 1996; Hoyle, 1995).

5.3. Análise e Avaliação das Correlações

A secção seguinte apresenta os resultados da análise da fiabilidade e validade dos Construtos definidos no modelo teórico.

5.3.1 Representação LM e suas correlações

O Construto LM (ξ_1) foi representado em quatro dimensões e 15 itens, incluindo (I4.0 ξ_2) = (6 itens), Sustentabilidade Económica η_1 (3 itens), Sustentabilidade Ambiental η_2 = (3 itens), Sustentabilidade Social η_3 = (3 itens) somando-se para a Sustentabilidade (9 itens).

Foi criada uma correlação entre os Construtos exógenos LM (ξ_1) e I4.0 (ξ_2), que obteve um peso de 0,54, pois pareceu uma questão importante a ser estudada revisada em (Putnik e Ávila, 2015) e em (Ávila, et al., 2004), dado que melhorando todos os processos das empresas, recorrendo a medição quantitativa de desempenho, aspetos de eficácia e de processos de melhoria contínua se espera conseguir obter grandes vantagens competitivas nas empresas.

O Modelo de Medição (MM) estabelece as relações entre os Construtos e suas variáveis manifestas, em que o Construto é formado por variáveis manifestas através da realização da Análise Fatorial Confirmatória (AFC), que calcula e especifica como os Construtos são medidos a partir das variáveis manifestas.

Tabela 34. Legenda das correlações dos indicadores em lean.

Construtos	Variáveis	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
Lean (ξ_1)	Produção Puxada (X1)	.46	.82	-
Lean (ξ_1)	Defeitos do Produto (X2)	.74	.82	
Lean (ξ_1)	Falhas (X3)	.88	.83	

Os indicadores mais convergentes são as Falhas (X3) com peso fatorial de 0,88, seguidos de defeitos do produto (X2), com peso fatorial de 0,74 e, por fim, da produção puxada (X1), com peso de 0,46, sendo uma boa convergência. Os resultados, conforme (Diogo, 2021), indicam que, uma percentagem significativa das organizações preocupa-se em adotar um trabalho em equipa, treinamentos disciplinados, aumento da capacidade de processamento para produzir de acordo com os requisitos dos produtos e com o objetivo, tipicamente, de redução de tempos de produção. Boa adequação e validade também foram demonstradas nos indicadores do Construto I4.0 (ξ_2), apresentados por uma distribuição de probabilidade, por Robôs autônomos (X5), *Big data* (X4) e Digitalização (X6), com o peso fatorial de 0,83, 0,82 e 0,56, respetivamente.

Tabela 35. Legenda das Correlações dos Indicadores em I4.0.

Construtos	Variáveis	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
I4.0 (ξ_2)	Big Data (X4)	.82	.081	.53
I4.0 (ξ_2)	Robôs autônomos (X5)	.83	.091	
I4.0 (ξ_2)	Digitalização (X6)	.56	.077	

Com base nesses dados é possível perceber as variáveis manifestas, que mostraram uma relação mais alta para cada um dos Construtos exógenos definidos, sendo as Falhas (X3), para o Construto LM (ξ_1) e os Robôs autônomos (X5), para o I4.0 construção (ξ_2).

Os pesos fatoriais para o modelo (36) a seguir e as relações entre as construções são baseadas no modelo geral inicial estabelecendo o Modelo de Medida. Os indicadores relativos

ao volume de faturação (Y2) obteve um fatorial de 0,89, lucros (Y1), um fatorial de 0,87, e quota de mercado (Y3), com um fatorial de 0,76, para a dimensão Económica da Sustentabilidade (η_1).

Tabela 36. Legenda das correlações dos indicadores Lean na dimensão económica.

Construtos	Variáveis (η_1)	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
Lean (ξ_1)+ (η_1)	Lucro (Y1)	.87	.049	.41
Lean (ξ_1)+ (η_1)	Volume de Faturação (Y2)	.89	.047	
Lean (ξ_1)+ (η_1)	Quota de Mercado (Y3)	.76	.050	

Na Sustentabilidade Ambiental (η_2) o indicador maior foi relativo às práticas ambientais com parceiros (Y6), com um fatorial de 0,97, seguido por economia circular (Y5), que obteve um fatorial de 0,85, e, por último, o consumo de energia (Y4), com um peso fatorial de 0,83.

Tabela 37. Legenda das correlações dos indicadores Lean e Dimensão Ambiental.

Construtos	Variáveis (η_2)	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
Lean (ξ_1)+ (η_2)	Consumo de Energia (Y4),	.83	.072	.49
Lean (ξ_1)+ (η_2)	Economia Circular (Y5)	.85	.073	
Lean (ξ_1)+ (η_2)	Práticas Ambientais com Parceiros (Y6)	.97	.081	

Na Sustentabilidade Social (η_3) os indicadores iniciais foram condições de trabalho (Y8), com um fatorial de 1,00, sociedade envolvente (Y9), com um fatorial de 0,97, e remuneração salarial (Y7), com um peso fatorial de 0,84, que também sugerem um bom ajuste e validade dos indicadores dos construtos endógenos.

Tabela 38. Legenda das correlações dos indicadores em Lean e dimensão social.

Construtos	Variáveis (η_3)	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
Lean (ξ_1)+ (η_3)	Remuneração Salarial (Y7)	.84	.069	.40
Lean (ξ_1)+ (η_3)	Condições de Trabalho (Y8)	1.00	.073	
Lean (ξ_1)+ (η_3)	Sociedade Envolvente (Y9)	.97	.061	

No que diz respeito aos ajustes e avaliações dos parâmetros da escala de correlações dos resultados para o LM (ξ_1) e suas dimensões mostram boa qualidade e validade dos indicadores, tendo em conta que os pesos fatoriais, que são mais elevados do que 0,25 (Hu, et al., 1999).

5.3.2 Representação I4.0 e suas correlações

O estudo da fiabilidade e validade das diferentes escalas permitiu apurar as medidas propostas, através da Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para Sustentabilidade Económica, Ambiental e Social o – $p > 0.05$ (CMIN/DF. = 2,273; GFI = 0,908; CFI = 0,936; TLI = 0,919; IFI = 0,937 PCFI = 0,740; PGFI = 0,628; RMSEA = 0,071; AIC = 262,657) sugerem, para ambos os casos, um ajustamento razoável. Os indicadores volume de faturação (Y2), com um fatorial de 0,89, lucros (Y1), com um fatorial de 0,87, e quota de mercado(Y3), com um fatorial de 0,76, para a relação da I4.0 com a Dimensão Económica (η_1).

Tabela 39. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Económica.

Construtos	Variáveis (η_1)	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
I4.0 (ξ_2)+ (η_1)	Lucros (Y1)	.87	.857	.48
I4.0 (ξ_2)+ (η_1)	Volume de Faturação (Y2)	.89	.935	
I4.0 (ξ_2)+ (η_1)	Quota de Mercado(Y3)	.76	.746	

Na Sustentabilidade Ambiental (η_2), o indicador maior foi relativo às práticas ambientais com parceiros (Y6), com um fatorial de 0,91, seguido por economia circular (Y5), com um peso fatorial de 0,87, e consumo de energia (Y4), com um peso fatorial de 0,83.

Tabela 40. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Ambiental.

Construtos	Variáveis (η_2)	Peso λ	S.E.	Correlação (R)
I4.0 (ξ_2)+ (η_2)	Consumo de Energia (Y4)	.89	.734	.63
I4.0 (ξ_2)+ (η_2)	Economia Circular (Y5)	.87	.771	
I4.0 (ξ_2)+ (η_2)	Práticas Ambientais com Parceiros (Y6),	.91	.881	

Além disso, para a Sustentabilidade Social (η_3), os indicadores de condições de trabalho (Y8), com um fatorial de 1,00, sociedade envolvente (Y9), com um fatorial de 0,97 e

remuneração salarial (Y7), com um peso fatorial de 0,85, também sugerem um bom ajuste e validade dos indicadores dos construtos endógenos.

Tabela 41. Legenda das Correlações entre I4.0 e Dimensão Social.

Construtos	Variáveis (η_3)	Peso λ	S.E.	Correlação (R) Média
I4.0 (ξ_2)+ (η_3)	Remuneração Salarial (Y7)	.84	.707	.46
I4.0 (ξ_2)+ (η_3)	Indicadores Condições de Trabalho (Y8)	1.000	.895	
I4.0 (ξ_2)+ (η_3)	Sociedade Envolvente (Y9)	.97	.853	

5.3.3. Resultados da avaliação ao instrumento de pesquisa

Este subcapítulo tem como objetivo validar empiricamente (ver Figura 48), as escalas de medida propostas para os Construtos teóricos do modelo, após se considerarem algumas adaptações às propostas iniciais, em que cada fator foi traduzido por uma validade de escala em média de respostas. Com base nesses dados é possível perceber que as variáveis manifestas apresentaram maior relação no contexto para cada um dos Construtos endógenos definidos: volume de faturação para a dimensão económica; práticas ambientais com parceiros para a dimensão ambiental e condições de trabalho para a dimensão social.

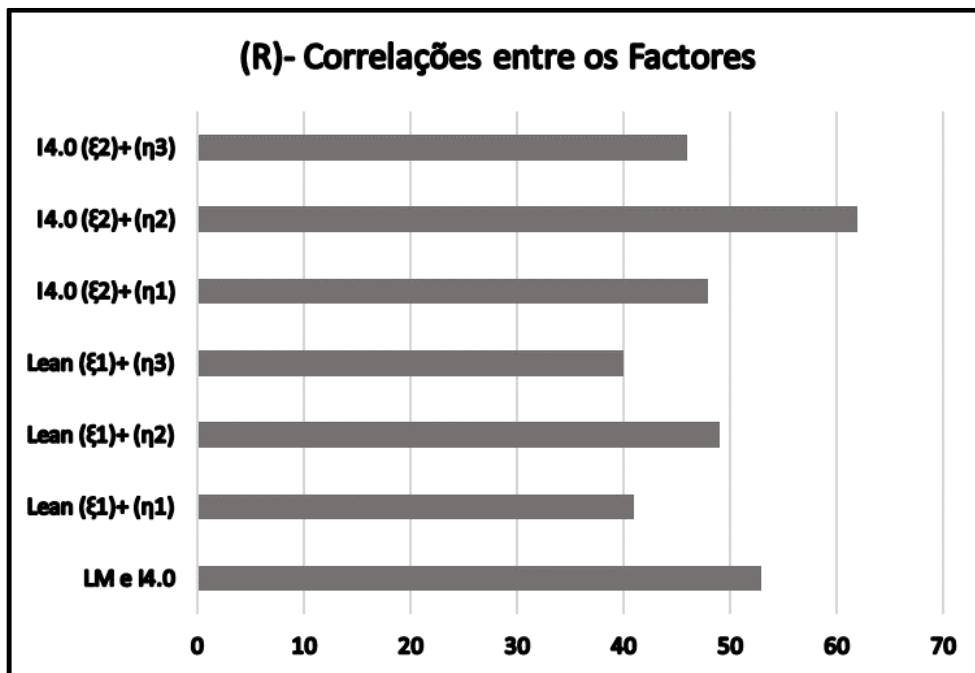


Figura 48. Resultados correlações entre fatores.

Finalmente, podemos analisar também as correlações entre os fatores:

✓ O maior valor obtido foi de (.62), para a correlação I4.0 (ξ_2) + (η_2), que teve um impacto positivo, principalmente nas Dimensões Económica e Social I4.0 (ξ_2) + (η_3) = (.46).

✓ Quanto ao fator Lean (ξ_1) + (η_3) = (.40), reflete que LM é irrelevante, na dimensão social, para o desenvolvimento das empresas.

✓ Adicionalmente, é possível afirmar-se, face aos resultados obtidos, que existe uma perceção acerca da existência de influência das três Dimensões da Sustentabilidade na Relação entre LM e I4.0 no desenvolvimento das Empresas com (.53).

5.3.4 Análise e avaliação das correlações e frequências das variáveis manifestas

O coeficiente de correlação entre as variáveis de medida (ξ_1 , ξ_2 , η_1 , η_2 e η_3) são baseadas nas variáveis múltiplas ($\xi_1 = X_1, X_2, X_3$, $\xi_2 = X_4, X_5, X_6$, $\eta_1 = Y_1, Y_2, Y_3$, $\eta_2 = Y_4, Y_5, Y_6$, $\eta_3 = Y_7, Y_8, Y_9$) e, neste modelo, as construções têm uma relação de todas as formas a fim de fornecer-lhes um resumo das principais variáveis no (MM) observadas para cada um dos Construtos e verificar as correlações significativas, no que implica as variáveis envolvidas, que deverão estar sob relações de fatores latentes.

Muitas das correlações estão abaixo do limite satisfatório para que a multicolinearidade não seja problema e a variável dependente mais a variável independente, de acordo com a Tabela 42.

Tabela 42. Resumo das correlações do valor estimado e desvio-padrão.

Correlação	VARIÁVEIS														
	Lean (1)	Lean (2)	Lean (3)	I4.0 (4)	I4.0 (6)	I4.0 (5)	(η_1) = Y1	(η_1) = Y2	(η_1) = Y3	(η_2) = Y4	(η_2) = Y5	(η_2) = Y6	(η_3) = Y7	(η_3) = Y8	(η_3) = Y9
(Spearman's rho)															
Variável X1		.29 2**	.24 6**	.41 3**	.22 1**										
Variável X2	.29 2**		.29 0**	.26 0**	.29 1**	.22 6**	.15 6*	.25 1**	.21 6**	.15 6*	.35 9**		.20 1**		.225 **
Variável X3	.24 6**		.29 0**	.23 0**	.50 5**	.23 7**	.17 7**	.20 6**	.26 1**	.12 5**	.26 3**	.27 5**	.20 1**		
Variável X4	.41 3**	.26 0**	.23 0**		.23 5**	.17 0**				.21 4**		.17 2**	.18 8**	.13 4**	.180 **
Variável X5	.22 1**	.29 1**	.50 5**	.23 5**		.32 3**	.22 6**	.30 2**	.30 3**	.15 9*	.41 3**	.34 0**	.26 5**	.19 0**	.320 **
Variável X6		.22 6**	.23 7**	.17 0**	.32 3**		.34 7**	.39 1**	.42 8**	.30 5**	.54 2**	.41 9**	.32 6**	.21 1*	.356 **
Variável Y1		.15 6**	.17 7**		.22 6**	.34 7**		.80 7**	.62 4**	.20 0**	.47 2**	.19 7**	.20 5**	.18 5**	.216 **

Variável Y2		.25 1**	.20 6**		.30 2**	.39 1**	.80 7**		.69 2**	.20 7**	.56 8**	.16 9**	.22 8**	.19 3**	.223 *
Variável Y3		.21 6**	.26 1**		.30 3**	.42 8**	.62 4**	.69 2**		.27 7*	.50 0**	.28 4**	.34 3**	.30 2**	.298 **
Variável Y4		.15 6*	.12 5*	.21 4**	.15 9*	.30 5**	.20 0**	.20 7**	.27 7*		.36 1**	.23 4**	.29 2**	.29 5**	.299 **
Variável Y5		.35 9**	.26 3**		.41 3**	.54 2**	.47 2**	.56 8**	.50 0**	.36 1**		.31 3**	.32 6**	.24 9**	.337 **
Variável Y6			.27 5**	.17 2**	.34 0**	.41 9**	.19 7**	.16 9**	.28 4**	.23 4**	.31 3**		.62 7**	.42 3**	.487 **
Variável Y7		.20 1**	.20 1**	.18 8**	.26 5**	.32 6**	.20 5**	.22 8**	.34 3**	.29 2**	.32 6**	.62 7**		.60 1**	.56 4**
Variável Y8				.13 4*	.19 0**	.21 1**	.18 5**	.19 3**	.30 2**	.29 5**	.24 9**	.42 3**	.60 1**		.549 **
Variável Y9		.22 5**		.18 0**	.32 0**	.35 6**	.21 6**	.22 3**	.29 8**	.29 9**	.33 7**	.48 7**	.56 4**	.54 9**	

Sendo assim, da análise do número de observações e de desvios-padrão e estimativas no modelo de regressão linear utilizado pressupõe-se o comportamento de uma variável dita dependente ou explicada como uma função linear de um conjunto de determinantes, ditas variáveis explicativas ou independentes (Vilares e Coelho, 2005).

Após uma observação geral sobre os dados recolhidos é possível identificar um conjunto de conclusões relevantes, com base na perceção dos respondentes das organizações. A análise do desvio-padrão da amostra e a média os fatores obtidos já elucidam acerca das perguntas mais importantes para cada variável latente detetada.

A análise de frequência pretende comparar a relação estatística existente, ou não, entre o resultado maior da média para a amostra, sem que se considere ou implique causalidade entre estas, servindo apenas como mais uma medida de análise e avaliação complementar aos dados obtidos. Estes resultados foram obtidos através do software *IBM SPSS Statistics*, versão 24 (IBM Corp., 2016b).

5.4. Análise e Validação do Modelo de Medida

Nesta secção são apresentados os resultados da validação do instrumento de pesquisa para cada um dos Construtos definidos no modelo teórico, organizados em cinco partes e denominados em função contextual e em análise, sobre *LM*, I4.0, Sustentabilidade Económica, Sustentabilidade Ambiental e Sustentabilidade Social.

Na Figura 49, os acrónimos utilizados para identificar os itens em cada um dos Construtos.

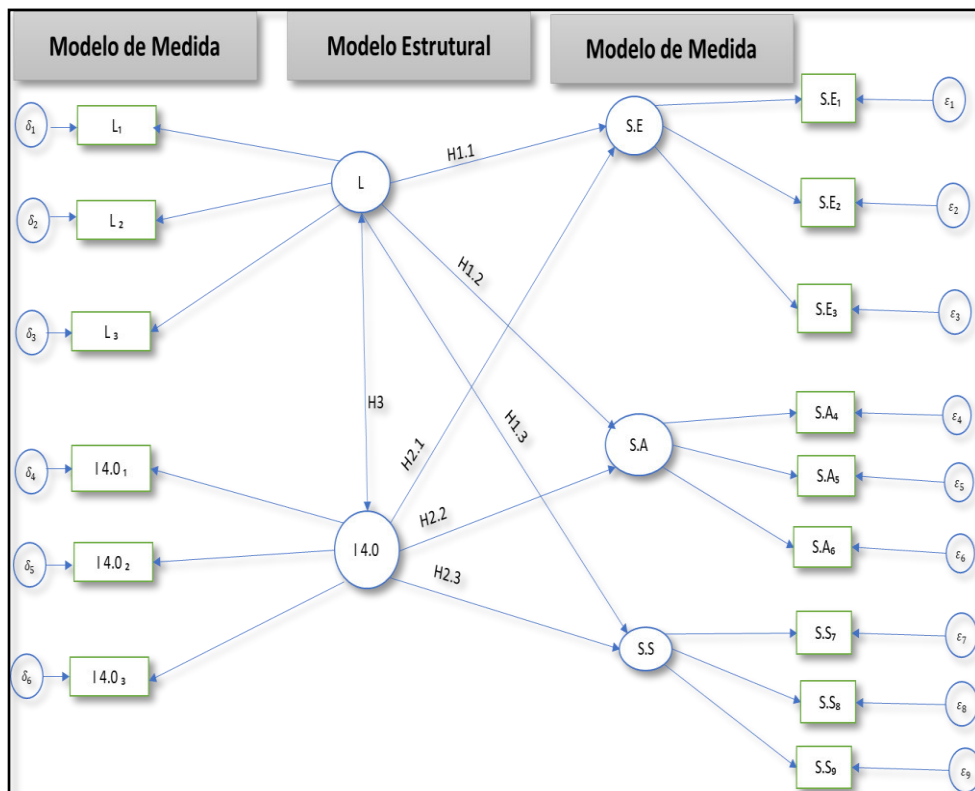


Figura 49. Acrónimos dos Construtos exógenos e endógenos.

O Modelo de Medida (MM) estabelece as relações entre os Construtos e suas variáveis manifestadas, nas quais o Construto é formado por variáveis manifestas por meio da realização da Análise Fatorial Confirmatória (AFC), que calcula e especifica os mesmos. Esta metodologia é dividida em duas partes, Análise Fatorial Confirmatória (AFC), para o modelo de medição e a Análise do Modelo Estrutural, com base no método (SEM), que é estabelecido por dois modelos (Bollen, 1989; Hoyle, 1995), Modelo de Medição e Modelo Estrutural.

Para avaliar a qualidade do ajustamento global do modelo consideraram-se valores indicativos da estrutura correlacional de bom ajustamento *CFI* e *GFI* superiores a 0,9 e *PCFI* superiores a 0,6. Considerou-se ainda que $\chi^2 / gl \sim 2$ e *RMSEA* inferior a 0,5 com uma probabilidade $P [rmsea \leq 0,05]$, não significativa indicam um bom ajustamento do modelo (Schumacker & Lomax, 2010). Através do método da máxima verossimilhança, dos pesos fatoriais e do modelo estrutural foi obtida a relação entre os Construtos do MM, pesos fatoriais, ajuste e erros.

Todos os Construtos na Figura 50, (ξ_1 , ξ_2 , η_1 , η_2 , η_3) são baseados nas variáveis manifestas ($\xi_1 = X1, X2, X3$; $\xi_2 = X4, X5, X6$; $\eta_1 = Y1, Y2, Y3$; $\eta_2 = Y4, Y5, Y6$; $\eta_3 = Y7, Y8, Y9$) e, neste modelo, os Construtos têm uma relação de todos para todos a fim de fornecer a avaliação da mensuração no MM.

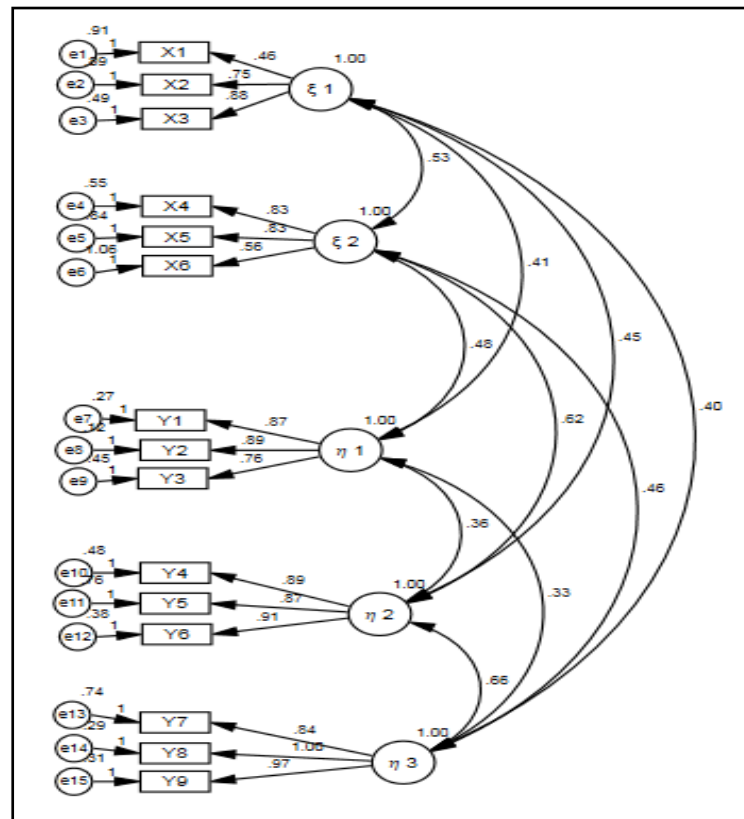


Figura 50. Modelo de Medição para todos os Construtos.

Primeiramente, foi realizada a avaliação do Modelo de Medida (MM) e em seguida obteve-se a qualidade dos índices de ajuste e os valores, que estão apresentados na Tabela 43, com a validação de ajuste do MM-GFI: Goodness of Fit Index; de CFI: índice de ajuste comparativo; de TLI: Índice de Lewis de Tucker; de IFI: *Incremental Fit Index*; de PCFI: parcimônia CFI; de PGFI: parcimônia GFI; de RMSEA: Erro Quadrático Médio de Aproximação; e de AIC: Critério de Informação de Akaike.

Com base nos valores de ajuste obtida por critérios a análise dos resultados da validação do modelo teórico desenvolvido podem ser alcançados ao aplicar a Análise Fatorial Confirmatória no Modelo de Medição (MM), pois os valores da qualidade de ajuste serão conforme a ($\chi^2 / df = 2,015$, GFI = 0,923, CFI = 0,951, TLI = 0,936, IFI = 0,952, PCFI = 0,724, PGFI = 0,615, RMSEA = 0,064 e AIC = 241,163) de confiabilidade e validade, com um bom ajuste.

Tabela 43. Ajuste de medidas obtido por critério de ajuste para o MM.

Medidas de ajuste	Ajuste obtido valor	Critério de ajuste
χ^2 / df	2.015	<3
GFI	0.923	>0.9
CFI	0.951	>0.9
TLI	0.936	>0.9
IFI	0.952	>0.9
PCFI	0.724	>0.6
PGFI	0.615	>0.6
RMSEA	0,064 (p = 0.058)	<0,08; p>0.05
AIC	241,163 <1787.589	Menor que o modelo independente

5.5. Análise e Validação do Modelo Estrutural

No Modelo Estrutural (Figura 51), a relação entre os construtos exógenos e endógenos é estabelecida pela relação direta ou indireta onde os construtos exógenos exercem influência sobre os construtos endógenos. No desenvolvimento do presente trabalho foi utilizado o software *IBM SPSS Amos*, versão 24, da IBM Corp. (2016); para a utilização do método SEM (Westland, 2010).

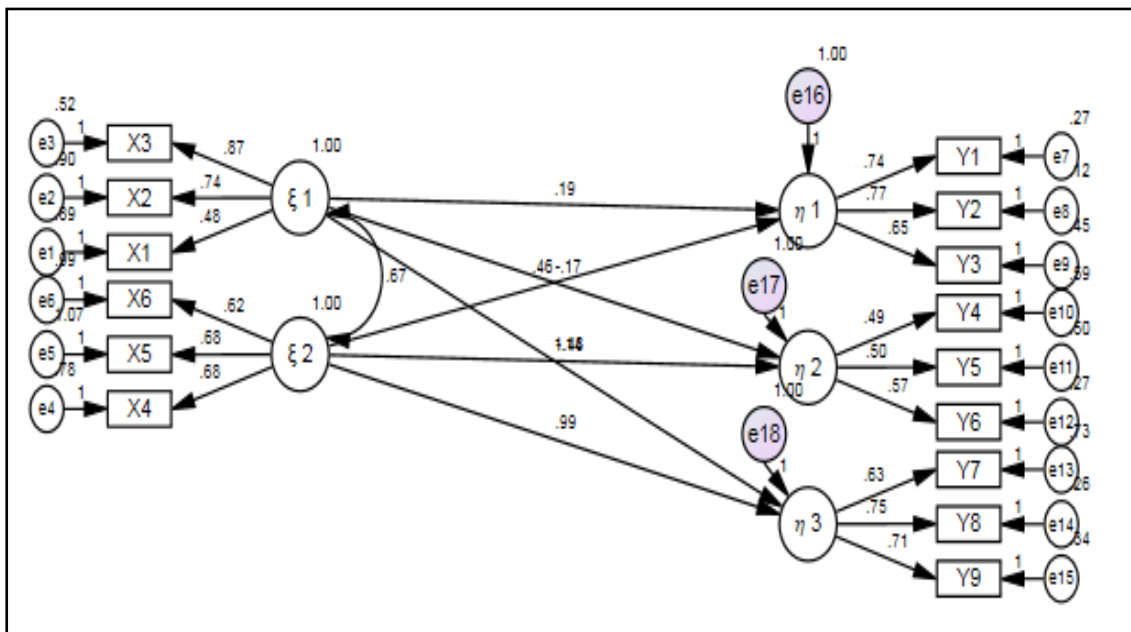


Figura 51. Modelo estrutural.

Através da aplicação das técnicas subjacentes ao modelo linear geral é possível analisar a existência de determinados pressupostos a serem considerados através de Análise de

Equações Estruturais e nesta secção serão analisadas algumas das questões relativas aos pressupostos considerados mais relevantes na (AEE).

Na avaliação da qualidade dos Modelos Estruturais (MEs) os resultados obtidos e orientados à avaliação *Lean* e I4.0– $p > 0.058$ ($CMIN/DF = 2,015$; $GFI = 0.923$; $CFI = 0,951$; $TLI = 0,936$; $IFI = 0,952$; $PCFI = 0,724$; $PGFI = 0,615$; $RMSEA = 0,064$; $AIC = 241.163$).

Com a aplicação dos resultados nos modelos de medida e estrutural, este estudo é imperativo garantir que sejam validados e é com este propósito que seguidamente se realizou a análise e a avaliação dos critérios de qualidade do ajustamento e avaliação do modelo (Hair Jr. et al., 2009) (Schumacker & Lomax, 2010).

O objetivo da análise e avaliação das medidas de ajustamento global do modelo é utilizado de forma a analisar a sua fiabilidade e validação das diversas variáveis constituintes deste modelo, bem como avaliar o modelo proposto.

Devido ao valor obtido nos índices confirma-se que todos os valores dos índices estão dentro dos critérios definidos. Após a avaliação do MM o SM foi avaliado e, com base nas qualidades dos índices de ajuste, os valores obtidos são mencionados (ver Tabela 44).

Tabela 44. Validação de ajuste do SM.

Medidas de ajuste	Ajuste obtido valor	Critério de ajuste
χ^2 / df	2. 273	<3
GFI	0. 908	>0. 9
CFI	0. 936	>0. 9
TLI	0. 919	>0. 9
IFI	0. 937	>0. 9
PCFI	0. 740	>0. 6
PGFI	0. 628	>0. 6
RMSEA	0,071 (p = 0.006)	<0,08; p>0. 05
AIC	262.657 <1787. 589	Menor que o modelo independente

O modelo estrutural define as relações entre as variáveis quer latentes, quer manifestas com base no modelo teórico proposto, para tal, especifica-se que variável/variáveis influencia(m) direta ou indiretamente mudanças nos valores de outras variáveis no modelo (Byrne, 2010), referindo-se aos requisitos necessários nas especificações do modelo estrutural, que consiste na distinção entre variáveis/construtos latentes exógenos e endógenos.

Para a necessidade de representar os modelos teóricos que permitirá a identificação causal e / ou relações hipotéticas entre variáveis, e para validar a premissa teórica que o

presente trabalho pretende provar, ou seja, a relação entre LM, I4.0 e as três dimensões da Sustentabilidade, é estabelecido o uso da técnica de modelagem denominada *Structural Equation Modeling* (Schumacker, & Lomax, 2010; Bollen, 1989). Essa metodologia é identificada como análise multivariada, geralmente expressa em modelos lineares que incluem erros de medição associados às variáveis estabelecidas no modelo (Bollen, 1989; Marcoulides, & Schumacker, 1996; Hoyle, 1995).

5.6. Estimação do modelo nas equações estruturais

Na avaliação da qualidade Estrutural dos Modelos, os resultados obtidos ($\chi^2 / df = 2,273$, GFI = 0,908, CFI = 0,936, TLI = 0,919, IFI = 0,937, PCFI = 0,740, PGFI = 0,628 e RMSEA = 0,071, AIC = 262,657) sugerem que um bom ajuste foi alcançado.

Mais uma vez, todos os valores dos índices obtidos encontram-se dentro da faixa estabelecida das medidas de ajuste e em relação às estimativas para os parâmetros de estimação das relações estruturais no SM, os resultados mostrados (ver Tabela 45) foram obtidos.

Tabela 45. Estimativas do SM e quadro sintetizado das hipóteses.

Hipótese	Construção exógena	Construção endógena	Husa.	SE	CR	Valor p	Conclusão
H1	Lean	Sustentabilidade Económica	0.187	0.133	1.405	0.16	não confirmado
H2	Lean	Sustentabilidade Ambiental	- 0.167	0.365	- 0.457	0.648	não confirmado
H3	Lean	Sustentabilidade Social	- 0.142	0.280	- 0.508	0.611	não confirmado
H4	I4.0	Sustentabilidade Económica	0.457	0.132	3,466	<0,001	confirmado
H5	I4.0	Sustentabilidade Ambiental	1,482	0.477	3,108	0.002	confirmado
H6	I4.0	Sustentabilidade Social	0.994	0.297	3.341	<0.001	confirmado

No que se refere à análise dos resultados das premissas apresentadas, por meio das relações estabelecidas entre os construtos, são avaliadas as hipóteses do modelo e são testadas, pois é a principal preocupação deste trabalho.

Então no SM as hipóteses H4, H5 e H6 foram confirmadas, enquanto as hipóteses H1, H2 e H3 não foram confirmadas (H1: $p = 0,16 > 0,05$, H2: $p = 0,648 > 0,05$, H3: $p = 0,611 > 0,05$). Além disso, uma correlação (0,68) entre LM e I4.0 é também confirmado em SM.

5.7. Validação das hipóteses do modelo desenvolvido

O modelo teórico foi orientado para validar e realizar uma reflexão das três principais hipóteses deste estudo:

- A percepção das empresas industriais sobre a Dimensão Económica estar positivamente relacionada com a I4.0.
- A percepção das empresas industriais sobre a Dimensão Ambiental estar positivamente relacionada com a I4.0.
- A percepção das empresas industriais sobre a Dimensão Social estar positivamente relacionada com a I4.0.

Os resultados deste relatório de tese, baseados no modelo desenvolvido e obtidos pelo método da máxima verossimilhança, mostram que:

(1) existe uma forte relação entre a I4.0 e as três dimensões da Sustentabilidade, com um peso fatorial mais forte para a Dimensão Ambiental (1,482), seguido pela Dimensão Social (0,994), e o menor valor, relativo à Dimensão Económica (0,457);

(2) não está confirmado que exista uma relação entre *Lean (LM)* e alguma das três dimensões da Sustentabilidade;

(3) cumulativamente verificou-se que existe uma correlação entre *Lean (LM)* e I4.0.

Na avaliação da qualidade dos Modelos Estruturais os resultados obtidos para o **Modelo de Medição (MM)**, orientado à avaliação do Lean e I4.0 $p > 0.058$ (CMIN/DF = 2,015; GFI = 0,923; CFI = 0,951; TLI = 0,936; IFI = 0,952; PCFI = 0,724; PGFI = 0,615; RMSEA = 0,064; AIC = 241,163) e no **Modelo Estrutural**, orientado à avaliação da Sustentabilidade Económica, Ambiental e Social $p > 0.05$ (CMIN/DF. = 2,273; GFI = 0,908; CFI = 0,936; TLI = 0,919; IFI = 0,937 PCFI = 0,740; PGFI = 0,628; RMSEA = 0,071; AIC = 262,657) sugerem para ambos os casos um ajustamento razoável e assim o modelo apresentar resultados que são razoavelmente consistentes.

Através do Modelo de Medição prova-se a verossimilhança de cada um dos construtos elencados, em que cada construto resulta da combinação linear das suas variáveis manifestas. Nos casos dos construtos centrais do estudo e que refletem as três principais hipóteses, os construtos para as dimensões da Sustentabilidade indicam que:

1) construto avalia a relação positiva da Dimensão Económica com a I4.0;

2) construto da Dimensão Ambiental que avalia a relação positiva da I4.0 com o meio ambiente;

3) construto que avalia a Dimensão Social nas condições de trabalho, remuneração salarial e sociedade envolvente para um desenvolvimento de novos modelos de negócios e produtos baseados na I4.0, resultam da combinação linear das variáveis manifestas definidas no modelo, sendo a sua verosimilhança provada.

Deste modo é expectável que o modelo específico seja representativo da população tanto ao nível de construtos como das suas variáveis manifestas. Através das Medidas Estruturais, que são avaliadas através das relações estabelecidas entre os construtos, em que são testadas as correspondentes hipóteses, definidas em cada um dos modelos.

Relativamente às hipóteses do ME no Modelo de Medida

• **H1:** A perceção das empresas industriais na Dimensão Económica estar positivamente relacionada com *LM*.

Esta relação não foi confirmada (H1: $p = 0.16 > 0.05$), o resultado indica que a produção puxada (*pull*) não está positivamente relacionada com a Sustentabilidade Económica, avaliado também pelas empresas que a redução de defeitos dos produtos e avarias e falhas não estão relacionados com praticas de *LM*.

Por outro lado, o reconhecimento das atividades de manutenção como forma de obtenção de ganhos económicos também não foi reconhecido, em geral, pelas empresas, que considera este tipo de atividades uma perda de lucros.

• **H2:** A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Ambiental estar positivamente relacionada com *LM*.

Esta relação não foi confirmada (H2: $p = 0.648 > 0.05$), de um balanço geral, concluiu-se a validade e o sucesso das técnicas usadas e referidas em termos de bibliografia. Porém, para as empresas não é claro haver uma relação entre as práticas de LM e aspetos relacionados com a sustentabilidade ambiental, nomeadamente no que se refere a questões ou preocupações ambientais em geral, bem como ao consumo energético, em particular, entre outros aspetos relacionados também com a economia circular e a reciclagem.

• **H3:** A perceção das empresas industriais sobre Dimensão Social estar positivamente relacionada com *LM*.

Esta relação não foi confirmada (H3: $p = 0.611 > 0.05$), a tentativa da conversão da cultura das empresas numa cultura de melhoria contínua aliada às visionadas melhores condições de

trabalho e extensíveis soluções para a sociedade envolvente não foram, porém, considerados aspetos chave para uma relação entre praticas de LM e aspetos de relacionados com a sustentabilidade social. Porém, aspetos relacionados com melhorias a nível da remuneração salarial continuam a ser consideradas relevantes, apesar de não se terem traduzido em variáveis de grande impacto ao nível da aplicação de abordagens de LM.

No **Modelo Estrutural**, foram **confirmadas as hipóteses: H₄, H₅ e H₆ p > 0,05** enquanto a hipótese H₁ ($p=0.16 > 0.05$); H₂ ($p= 0.648 > 0.05$, com uma estimativa negativa – 167) e H₃ ($p= 0.611 > 0.05$ com uma estimativa -142) não foi confirmada no Modelo Estrutural.

Além disso, uma correlação (0,68) entre LM e I4.0 também é confirmada no Modelo Estrutural (SM). Seguidamente são debatidas as implicações dos resultados obtidos em cada hipótese e relativamente para as hipóteses do Modelo Estrutural:

• **H₄**: A perceção das empresas industriais sobre Dimensão Económica estar positivamente relacionada com a I4.0.

Esta relação foi confirmada ($Y_2 = 0.457$, $Z = 3,466$, $p < 0,001$) assim existe uma indicação clara acerca da perceção das empresas sobre as influências ou relações que existem entre aspetos económicos, nomeadamente do volume de faturação, na promoção do conceito de I4.0. Isto significando que quanto mais conhecimento coletivo existir a nível das atividades empresariais, através de um crescente volume de faturação, lucro e/ou quota de mercado tal poderá constituir elementos diferenciadores e facilitadores para uma potencial implementação de abordagens e tecnologias da I4.0.

• **H₅**: A perceção das empresas industriais sobre Dimensão Ambiental estar positivamente relacionada com a I4.0.

Esta relação foi confirmada ($Y_6 = 1,482$, $Z = 3,108$, $p = 0,02 < 0,05$) e é assinalado que o conhecimento existente nas PME's industriais ou que trabalham para a indústria, acerca da perceção ambiental tem uma relação direta positiva com a I4.0.

Isto significa que quanto mais conhecimento coletivo existir entre a população das PME's sobre práticas ambientais, de economia circular e acerca de consumos de energia maior a relação ou influência ou o impacto que estes aspetos ou preocupações poderão ter na adoção de abordagens e tecnologias da I4.0, com uma atitude responsável, em termos de sustentabilidade ambiental, sendo que é de realçar as várias indicações que têm vindo, nomeadamente do mundo académico, no sentido da adoção de políticas e modelos de negócio

que porquanto incentivem à adoção de princípios gerais subjacentes à I4.0 também considerem, como sendo fundamental, implementar procedimentos e promover organizações que permitam uma boa colaboração entre empresas/ parceiros, ao longo de cadeias e redes de negócio, em que todas as entidades envolvidas sigam política amigas do ambiente.

•**H6:** A percepção das empresas industriais sobre a Dimensão Social estar positivamente relacionada com a I4.0.

Esta relação foi confirmada ($Y8 = 0.994$, $Z = 3,341$, $p = 0,001$), as suposições que mais se destacaram para esta hipótese foram as condições de trabalho, com uma estimativa de 0.754; sociedade envolvente, com 0.708 e remuneração salarial, com 0.632. De realçar que se verificou uma concentração particular de respostas em torno da questão da ‘sociedade envolvente’, para além da preocupação geral com as ‘condições de trabalho’, sendo que menor realce foi dado a aspetos relacionados com a ‘remuneração salarial’.

6. CONCLUSÃO E INVESTIGAÇÃO FUTURA

6.1. Discussão dos resultados

Neste capítulo são resumidos os principais resultados obtidos, de acordo com a percepção de um número muito significativo de gestores, especialistas e engenheiros de empresas da Península Ibérica em regiões principais de Portugal e Espanha, seguidamente as principais conclusões do trabalho desenvolvido e apresentadas as linhas gerais para futuros desenvolvimentos na área de investigação.

6.1.1. Discussão dos resultados com base na análise descritiva das medidas

Através de uma cuidada revisão da literatura foi possível identificar que havia espaço para um estudo mais técnico e aprofundado dentro de nacionalidades diferentes, porém com um mesmo interesse sobre a relação entre o *Lean Manufacturing*, Indústria 4.0 e a sustentabilidade das empresas:

- Quando se tomam decisões de gestão entre a relação de técnicas LM e tecnologias I4.0, tem a concordância completa de 50.4 dos respondentes (média respostas teve quase um empate com 3.05 a mais para Portugal).
- Podemos concluir que o estudo de conceitos e técnicas executadas pelas organizações deve ter em consideração os segmentos em estudo, tais como sectores de atividade que nesta pesquisa 63% estão divididos em: 19% está na área de metalúrgica, metalomecânica, máquinas e equipamentos; 17% serviços de engenharia, consultoria, 14% química, borracha e plásticos; e 13% Alimentar.
- Os respondentes consideram que o grau de envolvimento dos colaboradores a que estão sujeitos tem aumentado, sendo que 34% concordam completamente com esta questão do inquérito 5.3.6 A empresa tem vindo a aumentar a auscultação e a participação dos seus colaboradores nas tomadas de decisão.
- Relativamente as 3 dimensões da sustentabilidade, os respondentes entendem que o grau da dimensão social é importante para questões de segurança e estão sujeitos em reduzir o número de acidentes de trabalho, sendo que 60.6% não concordam e nem discordam com esta afirmação;
- Mas um dos pontos de grandes desafios nesta breve análise não pode terminar sem a questão 5.3.7 A empresa tem vindo a aumentar o número de colaboradores com algum grau de incapacidade, para a evolução das empresas: 77% dos inquiridos tem uma

avaliação negativa ou neutra da prioridade dada na sua organização a programas/ações de Responsabilidade Social. A média 2 (discordo) e a média relativamente à questão da existência na organização dos conhecimentos e competências necessárias para o sucesso dos programas/ações de Responsabilidade Social é de apenas 27% para a questão 5.3.8 A empresa tem vindo a aumentar a duração do vínculo profissional dos seus colaboradores internos e/ou externos.

6.1.2. Discussão dos resultados com base nos testes das hipóteses de investigação do modelo conceitual

Foi então desenvolvido um modelo de equações estruturais, com seis hipóteses, para se medir quantitativamente a relação entre o de LM e a I4.0 na Sustentabilidade:

(H1) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Económica está positivamente relacionada com o LM;

(H2) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Ambiental está positivamente relacionada com o LM;

(H3) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Social está positivamente relacionada com o LM;

(H4) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Económica está positivamente relacionada com a I4.0;

(H5) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Ambiental está positivamente relacionada com a I4.0;

(H6) - A perceção das empresas industriais sobre a Dimensão Social está positivamente relacionada com a I4.0.

Por forma a validar estatisticamente tais hipóteses através do modelo baseado em SEM, elaborou-se um inquérito que foi divulgado por empresas industriais da Península Ibérica, tendo sido aplicado o método referido para se determinar o tamanho mínimo da amostra a considerar e obter representatividade da amostra, de 200 inquéritos (Westland, 2010), tendo-se obtido um conjunto de 252 respostas válidas.

A validação do modelo proposto foi efetuada por um modelo de medição através da aplicação de análise fatorial confirmatória e através da aplicação do método de máxima verossimilhança, cujos valores obtidos permitiram conferir a confiabilidade e a validade do modelo com um bom grau de adequação. Os resultados obtidos mostraram que:

- (1) não se consegue obter evidência de que a filosofia LM está correlacionada com qualquer das três dimensões da Sustentabilidade;
- (2) a I4.0 mostra uma forte correlação com as três dimensões da Sustentabilidade.
- (3) é possivelmente explicado pelo facto do LM focar sua atenção em um estado atual ou corrente ou momentâneo de uma dada empresa e se focar em abordagens aplicadas central, típica ou apenas localmente, numa dada parte específica de uma empresa, sistema de produção ou mesmo apenas num subsistema de produção de uma dada fábrica e, conseqüentemente, perdendo-se ou não se permitindo um foco ou análise mais geral numa empresa e a conseqüente análise mais ampla e geral dos prós e contras que advém das práticas de LM implementadas.

Pois geralmente apenas em alguma parte específica da empresa ou do seu modo de funcionamento ou sistema ou subsistema fabril é focado para ser sujeito aos ditos melhoramentos e que frequentemente são reajustados, através das correspondentes consideradas boas-práticas de LM associadas aos princípios de melhoria contínua, portanto, sem a preocupação em obter um estudo e análise mais geral ou global na empresa.

Os resultados alcançados são um contributo para o conhecimento porque podem contribuir para melhorar o suporte decisório nas empresas industriais e dos seus *stakeholders* aquando do planeamento das suas estratégias e investimentos produtivos, até porque nem todos os resultados aos quais se chegou com este trabalho, estão alinhados com muitas opiniões e com outros estudos.

Em termos de implicações práticas para as empresas, espera-se então que através da investigação levada a cabo, neste trabalho de tese tenha sido possível dar uma contribuição importante para o conhecimento das áreas científicas focadas, nomeadamente no que se refere ao estudo estruturado efetuado acerca das temáticas do LM, I4.0 e as Dimensões da Sustentabilidade nas Organizações Industriais.

6.2. Futuras linhas de investigação

Os resultados deste estudo estão limitados pelo objeto da região, na Península Ibérica, e pelas variáveis manifestas que foram consideradas. Deste modo, as sugestões para pesquisas futuras passam por explorar diferentes contextos geográficos da amostra e por considerar o modelo com um maior número de variáveis manifestas.

A aplicação do mesmo modelo noutras regiões geográficas poderá enriquecer o conhecimento da matéria ao possibilitar comparação dos resultados obtidos entre diferentes

regiões, permitindo identificar as questões específicas destas filosofias em cada país. Quanto à segunda vertente de futura investigação, a da integração dum maior número de variáveis manifestas no modelo, poderá criar maior robustez aos resultados e identificar especificamente quais serão as variáveis manifestas que potenciam relação entre si.

Por essa razão, outros estudos devem fornecer medidas fiáveis e válidas ao nível das três dimensões da sustentabilidade onde os construtos de relação *Lean*, I4.0 possam obter influências modificadas e teóricas produzidas e que exista a necessidade de uma segunda amostra adicional para validação dos resultados a considerar outros países e incluir outros serviços nas dimensões excluídas.

Finalmente, futuras pesquisas de estreitamento relacionados com a indústria e a validação cruzada é uma tentativa de reproduzir os resultados encontrados no construto LM (ξ_1) foi representado em quatro dimensões e 15 itens, incluindo (I4.0 ξ_2) = (6 itens), Sustentabilidade Económica η_1 (3 itens), Sustentabilidade Ambiental η_2 = (3 itens), Sustentabilidade Social η_3 = (3 itens) somando-se para a Sustentabilidade (9 itens).

Numa amostra diferente, permitindo uma segunda confirmação da teoria validada em testes iniciais, é relevante revalidar as escalas de medida desenvolvidas neste estudo em populações similares. Pode-se confirmar o instrumento de pesquisa contextual e permitir a I4.0 e suas relações no âmbito das dimensões ambientais, económicas e sociais pois é uma preocupação importante para o futuro da sociedade e desenvolvimento das empresas e serviços.

Foi criada uma correlação entre os construtos exógenos LM (ξ_1) e I4.0 (ξ_2), que obteve um peso de 0,54, pois pareceu uma questão importante a ser estudada revisada em (Putnik e Ávila, 2015) e em (Ávila, et al., 2004), dado que pode ser influenciado para outros processos das empresas, recorrendo a medição quantitativa de desempenho, aspetos de eficácia e de processos de melhoria contínua se espera conseguir obter grandes vantagens competitivas nas empresas.

Por último e aproveitando o limite da investigação, a abordagem a um tema tão complexo e transversal como um novo modelo para a relação de LM, I4.0 e Sustentabilidade deixou no autor a noção de que apesar da extensa revisão da literatura com destaque para as abordagens estratégica, poderá haver sempre outras abordagens que aqui não foram consideradas, nomeadamente no que se refere à exploração de outras variáveis manifestas e construtos, em futuros estudos em torno desta temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albright, J. J., & Park, H. M. (2009). Confirmatory Factor Analysis Using Amos, LISREL, Mplus, and SAS/STAT CALIS. The Trustees of Indiana University (Vol. 4724). Retrieved from <http://www.indiana.edu/~statmath/stat/all/cfa/index.html>.
- Almeida, A.; Bastos, J.; Francisco, R.; Azevedo, A.; Ávila, P., (2016). Sustainability Assessment Framework for Proactive Supply Chain Management. *Int. J. Ind. Syst. Eng.* Volume 24, 198–222.
- Alves, H. S. P. (2010) Navegação e Controlo de um Veículo Móvel. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Anderson, E., & Weitz, B. (1989). Determinants of continuity in conventional industrial channel dyads. *Marketing Science*, 8 (4), 310–323. Retrieved from <https://doi.org/10.1287/mksc.8.4.310>
- Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modelling in practice: a review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103(3), 411-423.
- Arnold, J.M.; Javorcik, B.; Lipscomb, M.; Mattoo, A., (2015). Services reform and manufacturing performance: Evidence from India. *Econ. J.*, 126, 1–39.
- Ashish, K.; Rejesh, B.; Sarbijit, S.; Anish, S. (2011). Study of green supply chain management in the Indian manufacturing industries: A literature review cum an analytical approach for the measurement of performance. *Int. J. Comput. Eng. Manag.*, 13, 84–99.
- Azevedo, S.; Carvalho, H.; Duarte, S.; Cruz-Machado, V. (2012). Influence of green and lean upstream supply chain management practices on business sustainability. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 2012, 59, 753–765.
- Azevedo, M. T. (2017). Transformação Digital na Indústria: I4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil. São Paulo.
- Baumgartner, Rupert J. (2014). Managing Corporate Sustainability and CSR: A Conceptual Framework Combining Values, Strategies and Instruments Contributing to Sustainable Development. *Responsabilidade Social Corporativa e Gestão Ambiental* Corp. Soc. Responsib. Environ Publicado online em 7 de novembro de 2013 na Wiley Online Library(wileyonlinelibrary.com) [accessed Apr 29 2019].
- https://www.researchgate.net/publication/259537222_Managing_Corporate_Sustainability_and_CSR_A_Conceptual_Framework_Combining_Values_Strategies_and_Instruments_Contributing_to_Sustainable_Development

- Bechtsis, D.; Tsolakis,N.; Vlachos,D.; Iakovou,E.,(2017). Sustainable supply chain management in the digitalisation era: The impact of Automated Guided Vehicles. *J. Clean. Prod.* 2017, 142, 3970–3984.
- Bellen H.M. Van (2003). Desenvolvimento Sustentável: Uma Descrição das Principais Ferramentas de Avaliação. *Revista Ambiente & Sociedade – Vol. VII nº. 1 jan./jun. 2004.* Professor do Curso de Pós Grauação em Administração (CPGA) da UFSC. Recebido em 09/09/2003 e aceito em 22/09/2003. Acedido 15/08/2018. <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n1/23537.pdf>
- Beyerer, J., Jasperneite, J. e Sauer, O. (2015), “Industrie 4.0”, *At-Automatisierungstechnik*, 63(10), pp. 751–752.
- Bhatnagar, R., & Teo, C. (2009). Role of logistics in enhancing competitive advantage: A value chain framework for global supply chains. *International Journal of Physical.* Acedido em: 28/06/2017.
- Birkel, H. S., Veile, J. W., Müller, J. M., Hartmann, E., & Voigt, K. I. (2019). Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. *Sustainability*,11(2), 384.
- Bollen, K.A, (1989). *Structural Equations with Latent Variables*; Wiley: Hoboken, NJ, USA.
- Branke, J.; Farid, S.S.; Shah, N., (2016). Industry 4.0: A vision for personalized medicine supply chains? *Cell Gene Ther. Insights*, 2, 263–270.
- Brettel, M.; Klein, M.; Friederichsen, N., (2016). The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 41, 105–110.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming (2nd Ed.)*. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Campbell, C. et al. (2007), *Desenvolvimento de um robô manipulador industrial*. 14.
- Castro, H.C.G.A. (2018). *Avaliação do Potencial de Adoção de Meta-Organizações no Apoio ao Desenvolvimento de Modelos de Empresas Virtuais e Ubíquas- uma Aplicação a Clusters Regionais*. Ph.D. Tese. Departamento de Engenharia Industrial e Sistema (PDEIS). Universidade do Minho. 328 pp.
- Chester, D., Lamb, D., Dhurjati, P. (1984). Rule-based computer alarm analysis in chemical process plants. In *Proceedings of 7th Micro-Delcon*. 22–29.
- Churchill, G. A. (1979). A paradigm for developing better measures of marketing construts. *Journal of Marketing Research*, 16(1), 64-73.

- Deif, A. M. (2012). Dynamic analysis of a lean cell under uncertainty. *International Journal of Production Research*, 50(4), 1127–1139. <http://doi.org/10.1080/00207543.2011.556154>.
- Dennis, P. (2008). *Produção Lean simplificada* (2ª ed.). São Paulo, São Paulo, Brasil: ARTMED.
- De Sousa Jabbour, A.B.L.; Jabbour, C.J.C.; Foropon, C.; Godinho Filho,(2018). M. When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 132, 18–25.
- Díaz-Reza, J.; García-Alcaraz, J.; Martínez-Loya, V.; Blanco-Fernández, J.; Jiménez-Macías, E.; Avelar-Sosa, L. (2016). The Effect of SMED on Benefits Gained in Maquiladora Industry. *Sustainability* 2016, 8, 1237. [CrossRef]
- Dillman, D. A. (2007). *Mail and Internet Surveys: The Tailored Design Method* (2nd Ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Duarte, S.; Cruz-Machado, V., (2017). Exploring linkages between lean and green supply chain and the industry 4.0. In *Proceedings of the International Conference on Management Science and Engineering Management*, Kanazawa, Japan, 28–31 July; pp. 1242–1252.
- Dubey,R.;Gunasekaran,A.;Papadopoulos,T.;Childe,S.J.;Shibin,K.T.;Wamba,S.F.,(2017). Sustainable supply chain management: Framework and further research directions. *J. Clean. Prod.*, 142, 1119–1130.
- Fonseca, M.C.M.L (2011). *Influência da Responsabilidade Social das organizações para o seu sucesso sustentável*, Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Gestão, especialidade de Gestão Global, Estratégia e Desenvolvimento Empresarial. Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral.Instituto Universitário de Lisboa.320p.
- Freeman, R.E. (1984): *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman, Boston, MA.
- Fritzsche, K.; Niehoff, S.; Beier, G., (2018). Industry 4.0 and Climate Change—Exploring the Science-Policy Gap. *Sustainability* 2018, 10, 4511. [CrossRef]
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time. *Production*, (Julho / Dezembro)169-189.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*; Apress: New York, NY, USA.

- Glauco, G. M., Hornburg, S., Tubino, D. F., Romig, M., & Andrade, G. J. (2008, Outubro 13 a 16). XXVIII ENEGEP. Manufatura Enxuta, Gemba Kaizen e TRF: Uma aplicação Prática no Setor Têxtil. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: Abepro.
- Gonçalves, M., Silva, A., & Leão, C. P. (2017). Reverse Logistics companies' perspective: A qualitative analysis. Switzerland: Springer International Publishing.
- Gupta, V., Narayanamurthy, G.; Acharya, P., (2018). Assessment of radial tyre manufacturing processes using system dynamics modelling. *Comput. Oper. Res.* 2018, 89, 284–306.
- Hair Jr, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., & Black, W.C. (2005a). Análise multivariada de dados (5a. ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Hair Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B., & Anderson, R. E. (2009b). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Prentice-Hall.
- Hajmohammad, S.; Vachon, S.; Klassen, R.D.; Gavronski, I., (2013). Lean management and supply management: Their role in green practices and performance. *J. Clean. Prod.* 2013, 39, 312–320.
- Henley, E.J. (1984). Application of expert systems to fault diagnosis. In AICHE annual meeting, San Francisco, CA.
- Herrmann C., Thiede S., Stehr J. and Bergmann L., (2008). An environmental perspective on Lean Production. The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems.
- Herrmann, M., Pentek, T. e Otto, B. (2016), “Design principles for industrie 4.0 scenarios”, Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3928–3937.
- Hershberger, S.L., Marcoulides, G.A., & Parramore, M.M. (2003) Structural equation modeling: An introduction. In B.H. Pugesek, A. Tomer & A.V. Eye (Eds.), *Structural equation modeling: Applications in ecological and evolutionary biology* (pp. 3-41). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hill, M. M., & Hill, A. (2000). *Investigação por questionário (1a Edição)*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Hirsch-Kreinsen, H., (2014). Wandel von Produktionsarbeit–Industrie 4.0. *WSI-Mitteilungen*, 67, 421–429.
- Hoyle, R. H. (1995). *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications*. (R. H. Hoyle, Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hofmann, E.; Rüsç, M., (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Comput. Ind.*, 89, 23–34.

- Hozdic, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *Int. J. Modern Manuf. Technol.* 2015, 7, 28–35.
- IBM Corp. IBM SPSS Amos; Version 24; IBM Corp.: Armonk, NY, USA, 2016.
- Loppolo, G.; Cucurachi, S.; Salomone, R.; Saija, G.; Ciraolo, L. (2014). Industrial Ecology and Environmental Lean Management: Lights and Shadows. *Sustainability*, 6, 6362–6376.
- Iqbal, T.; Riek, L.D. (2019). Human-robotteaming: Approaches from joint action and dynamical systems. *Hum. Robot. A Ref.* 2019, 2293–2312. Available online: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-94007-6046-2_137 (accessed on 5 March 2019).
- Jabbour, A.; Jabbour, C.; Teixeira, A.; Freitas, W. (2012a). Adoption of lean thinking practices at Brazilian auto part companies. *Int. J. Lean Think.*, 3, 47–53.
- Jabbour, C.J.C.; de Sousa Jabbour, A.B.L.; Govindan, K.; Teixeira, A.A.; de Souza Freitas, W.R., (2013b). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: The role of human resource management and LM. *J. Clean. Prod.*, 47, 129–140.
- James, J.; Ikuma, L.; Nahmens, H.; Aghazadeh, F., (2013). The impact of Kaizen on safety in modular home manufacturing. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 70, 725–734.
- Jurado Martinis, P.; Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review. *J. Clean. Prod.* 85, 134–150.
- Kagermann, H.; Wahster, W.; Helbig, J., (2013a). Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica Industrie 4.0. Acatech, Working Group, Frankfurt, National, pp. 13-78.
- Kagermann, H., W. Wahlster, W., J. Helbig, J. (2013b) *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*, München.
- Kalendera Z. T & Vayvaya O., (2016). The Fifth Pillar of the Balanced Scorecard: Sustainability. 12th International Strategic Management Conference, ISMC 2016, 28-30 October 2016, Antalya, Turkey. Acessado: 18/05/2019. Available online at www.sciencedirect.com. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 235 (2016) 76 – 83.
- Kiel, D.; Müller, J.M.; Arnold, C.; Voigt, K.I., (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *Int. J. Innov. Manag.*, 21, 1740015.
- Klem, L. (2006). Structural equation modeling. In L.G. Grimm & P.R Yarnold (Eds.), *Reading and understanding more multivariate statistics* (pp. 227-260). Washington: American Psychological Association.

- Laudien, S.M.; Daxböck, B., (2017). Business model innovation processes of average market players: A qualitative-empirical analysis. *R&D Manag.*, 47, 420–430.
- Lee, J.; Kao, H.A.; Yang, S., (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8.
- Leoneti, A.; Nirazawa, A.; Oliveira, S., (2016). Proposal of sustainability index as a self-assessment tool for micro and small enterprises (MSEs). *REGE Revista de Gestão*, 23, 349–361.
- Li, G., Hou, Y. e Wu, A. (2017), “Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods”, *Chinese Geographical Science*, 27(4), pp. 626–637.
- Liao, K.; Deng, X.; Marsillac, E., (2013). Factors that influence Chinese automotive suppliers’ mass customization capability. *Int. J. Prod. Econ.* 2013, 146, 25–36.
- Lima, B. V. (2018). Contribuição de Lean Thinking para a implementação da I4.0. Contribuição de Lean para Thinking.
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/57168/1/Disserta%C3%A7%C3%A7%C3%A3o%20BMEI%2B-%20Victor%20Bittencourt%20%2831489%29.pdf>.
- Ilieva, J., Baron, S., Healey, N. M., (2002). Online surveys in marketing research: pros and cons. *International Journal of Market Research*, 44, 3, pp. 361-376. Acessado: 18.07.2018. Database: EBSCOhost.
- Lozano, R.; Huishigh, D., (2011). Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *J. Clean. Prod.* 2011, 19, 99–107.
- Lund, H.; Mathiesen, B.V, (2009). Energy system analysis of 100% renewable energy systems. The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy* 2009, 34, 524–531.
- Lu, Y., (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *J. Ind. Inf. Integr.*, 6, 1–10.
- Luthra, S.; Mangla, S.K. (2018). When strategies matter: Adoption of sustainable supply chain management practices in an emerging economy’s context. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 138, 194–206.
- Manupati, V. K., Varela, M. L. R., Machado, J. M. (2017). Telefacturing approach for optimal manufacturing service to enhance the interoperability in distributed manufacturing environments, *Journal of Engineering*, 15 pages. 2017. DOI: 10.1155/2017/9305989
- Marcoulides, G. A., & Schumacker, R. E. (1996). *Advanced structural equation modeling*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Marôco, J. (2010a). *Análise de Equações Estruturais: Fundamentos Teóricos, Software & Aplicações*. Pêro Pinheiro: ReportNumber.

- Marôco, J. (2014b). *Análise de Equações Estruturais: Fundamentos teóricos, Software & Aplicações* (2a Edição). Pêro Pinheiro: ReportNumber.
- Maynard, A. D. (2015), “Navigating the fourth industrial revolution”, *Nature Nanotechnology*, 10(12), pp. 1005–1006.
- Mcafee, A.; Brynjolfssona, E., (2012). Big data: The management revolution. *Harvard Business Review*, v. 90, n. 10, p. 60.
- Medina, H. V., & Naveiro, R. M. (2009). Eco-design practices in Europe fostering automotive vehicles recyclability in Brasil. *Product: Management & Development*, 7(1), 81-90.
- Ming, C.; Xiang, W., (2011). Implementing extended producer responsibility: Vehicle remanufacturing in China. *J. Clean. Prod.*, 19, 680–686.
- Mollenkopf, D.; Stolze,H.; Tate,W.L.; Ueltschy,M.,(2010). Green, lean, and global supply chains. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, 40, 14–41.
- Müller, J.M.; Voigt, K.I., (2018). Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. *Int. J. Precis. Eng. Manuf. Green Technol.* 2018, 5, 659–670.
- Nagy, J.; Oláh, J.; Erdei, E.; Máté, D.; Popp, J., (2018). The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain. The Case of Hungary. *Sustainability*, 10, 3491.
- Ng, R.; Low, J.; Song, S., (2015). Integrating and implementing lean and green practices based on proposition of carbon value efficiency metric. *J. Clean. Prod.*, 95, 242–255.
- Nidumolu, R.; Prahalad, C.; Rangaswami, M., (2009). Why Sustainability is Now the Key Driver of Innovation. *Harvard Bus. Rev.* N° 87, 56–64.
- Niida, K. (1985). Expert system experiments in processing engineering. In *Institution of chemical engineering symposium series* (pp. 529–583).
- Nunes, B.; Bennett, D, (2010). Green operations initiatives in the automotive industry: An environmental reports analysis and benchmarking study. *Benchmark. Int. J.*, 17, 396–420.
- Oettmeier, K.; Hofmann, E., (2017). Additive manufacturing technology adoption: An empirical analysis of general and supply chain-related determinants. *J. Bus. Econ.*, 87, 97–124.
- Paladini, Edson Pacheco, (2004). *Gestão de Qualidade: Teoria e Prática*. Editora: Atlas, 2ª edição. São Paulo.
- Pampanelli, A.B.; Found, P.; Bernardes, A.M., (2014) A lean & green model for a production cell. *J. Clean. Prod.*, 85, 19–35.

- Pérez, O. L., 2010. Uma Arquitetura Mecatrônica de Navegação para Veículos com Reboques Guiados Automaticamente em Ambientes de Sistemas Flexíveis de Manufatura. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Pfohl, H.C.; Yahsi, B.; Kurnaz, T. (2017). Concept and diffusion-factors of industry 4.0 in the supply chain. In *Dynamics in Logistics*; Springer: Cham, Switzerland; pp. 381–390.
- Putnik, G.; Ávila, P. (2016). Governance and Sustainability (Special Issue Editorial). *Int. J. Ind. Syst. Eng.* Volume. 24, 137–143.
- Putnik, G.D., Putnik, Z., Shah, V., Varela, L., Ferreira, L., Castro, H., Alves, C., Pinheiro, P., Collaborative Engineering definition: Distinguishing it from Concurrent Engineering through the complexity and semiotics lenses. In *Proceedings of the International Conference on Axiomatic Design (ICAD 2021), 23-25 June 2021, Lisbon, Portugal.*
- Putnik, G.D., Putnik, Z., Shah, V., Varela, L., Ferreira, L., Castro, H., Alves, C., Pinheiro, P., Collaborative Engineering: A Review of Organisational Forms for Implementation and Operation. In *Proceedings of the International Conference on Axiomatic Design (ICAD 2021), 23-25 June 2021, Lisbon, Portugal.*
- Rennung, F.; Luminosu, C.T.; Draghici, A., (2016). Service provision in the framework of Industry 4.0. *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 221, 372–377.
- Rehage, G.; Bauer, F.; Gausemeier, J.; Jurke, B.; Pruschek, P., (2013). Intelligent manufacturing operations planning, scheduling and dispatching on the basis of virtual machine tools. In *Digital Product and Process Development Systems*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 391–400.
- Reuter, C. (2018). Lean, the unrecognized stakeholder value program Magic Triangle of Production?". Acedido: 02/05/19 <https://www.scm-blog.de/2018/01/lean-stakeholder-value-programm/>
- Rother, M & Shook, J. (2003). *Learning to see*. Massachusetts: Bookline. Leaan Enterprise Institute. Mediabooks.
- Rudtsch, V.; Gausemeier, J.; Gesing, J.; Mittag, T.; Peter, S., (2014). Pattern-based business model development for cyber-physical production systems. *Procedia CIRP*, 25, 313–319.
- Santos, A. S., Varela, M. L. R., Putnik, G. D., et al. (2014). Alternative Approaches Analysis for Scheduling in an Extended Manufacturing Environment. *IEEE Conferência: 6th World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC 2014)*, 97-102, IEEE/ IEEEXplore.

- Sezen, B.; Karakadilar, I.; Buyukozkan, G., (2011). Proposition of a model for measuring adherence lean practices: Applied to Turkish automotive part suppliers. *Int. J. Prod. Res.*, 50, 3878–3894.
- Schmidt, R.; Möhring, M.; Härting, R.C.; Reichstein, C.; Neumaier, P.; Jozinovic', P., (2015). Industry 4.0-potentials for creating smart products: Empirical research results. In *Proceedings of the International Conference on Business Information Systems*, Poznan, Poland, 24–26 June; pp. 16–27.
- Schumacker, R.E.; Lomax, R.G. *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. Technometrics 2010, 47.
- Shrouf, F.; Ordieres, J.; Miragliotta, G., (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bandar Sunway, Malaysia, 9–12 December; pp. 697–701.
- Silva, Juliane., 2006. Modeling of structural equations: presentation of a methodology. Master's Dissertation <http://hdl.handle.net/10183/8628>.
- Sommer, L., (2015). Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *J. Ind. Eng. Manag.* 2015, 8, 1512–1532. [CrossRef]
- Ślusarczyk, B. (2018). Industry 4.0: are we ready? *Polish Journal of Management Studies*, 17.
- Souza, J.; Alves, J., (2017). Lean-integrated management system: A model for sustainability improvement. *J. Clean. Prod.*, 172, 2667–2682.
- Sriparavastu, L., Gupta, T. (1997). Um estudo empírico da implementação de princípios de gestão just-in-time e total em empresas de manufatura nos EUA. *Revista Internacional de Operações e Gestão da Produção*, vol. 17 (2), 1215-1232.
- Stock, T.; Seliger, G., (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541.
- Taubitz, M., (2010). Lean, green & safe: Integrating safety into the lean, green and sustainability movement. *Prof. Saf.*, 55, 39–46.
- Tjahjono, B.; Esplugues, C.; Ares, E.; Pelaez, G., (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain? *Procedia Manuf.*, 13, 1175–1182.
- Torielli, R.; Abrahams, R.; Smillie, R.; Voigt, R., (2011). Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries. *China Foundry*, 8, 74–88.
- Taubitz, M., (2010). Lean, green & safe: Integrating safety into the lean, green and sustainability movement. *Prof. Saf.*, 55, 39–46.

- Tseng, M.L.; Tan, R.R.; Chiu, A.S.; Chien, C.F.; Kuo, T.C.,(2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis? *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 131, 146–147.
- Varela, M. L. R., Putnik, G. D., Manupati, V. K., Rajyalakshmi, G., Trojanowska, J., & Machado, J. (2018). Collaborative manufacturing based on cloud, and on other I4.0 oriented principles and technologies: a systematic literature review and reflections. *Management and Production Engineering Review*, 9(3), 90-99, Polish Academic Sciences, Poland. DOI: 10.24425/119538.
- Varela L., Putnik G., Araújo A., Ávila P., Castro H. (2019). Evaluation of the Relation between LM, Industry 4.0, and Sustainability. *Acedido: 29/05/2019 Sustainability* 2019, 11(5), 1439 <https://doi.org/10.3390/su11051439>.
- Vidamour K., Lyons A.C., Jain K. & Sutherland M., (2010). Developing an understanding of lean thinking in process industries. ISSN: 0953-7287 (Print) 1366-5871 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tppc20>. Acessado: 17/05/2017. (Received 26 July 2010; final version received 15 October 2011).
- Vinodh, S.; Arvind, K.; Somanaathan, M., (2011). Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. *Clean Technol. Environ. Policy* 2011, 13, 469–479.
- Wackernagel, M. e Rees, W., (1995). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. BC Canadá: New Society Publishers, Gabriola Island.
- Waibel, M.W.; Steenkamp, L.P.; Moloko, N.; Oosthuizen, G.A., (2017). Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. *Procedia Manuf.*, 8, 731–737.
- Wang, Z.; Subramanian, N.; Gunasekaran, A.; Abdulrahman, M.; Liu, C., (2015). Composite sustainable manufacturing practice and performance framework: Chinese auto-parts suppliers' perspective. *Int. J. Prod. Econ.*, 170, 219–233.
- Wang, S. et al. (2016), “Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1155/2016/3159805>.
- Westland, J. C., (2010). Lower bounds on sample size in structural equation modeling. *Electronic Commerce*.
- Wilson, A., (2010). *Sustainable Manufacturing: Comparing Lean, Six Sigma, and Total Quality Manufacturing; Strategic Sustainability Consulting*: Washington, DC, USA.

- olff, R., (2015). I4.0 Playgroun Digital Factory .Supply Chain Management. Fonte: editora da FAZ "Economia Digital", 22 de outubro. Acedido: 02/05/2019 <https://www.scm-blog.de/category/industrie-4-0/>.
- Womack, JP, Jones, DT, Roos, D. (1990a). A máquina que Mudou o Mundo. Harper Perennial, Nova Iorque.
- Womack, James P. e Daniel T. Jones., (1997b). A Mentalidade Enxuta. Editora Campus, 1997.
- Womack J. and Jones D. (2003b). Lean Thinking, tradução autorizada do idioma inglês da edição publicada por Simon e Schuster Copyright 1996.
- Womack, J.P.; Jones, D.T., (2004c). A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 408p.
- Yang, M.; Hong, P.; Modi, S., (2011). Impact of LM and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *Int. J. Prod. Econ.* 2011, 129, 251–261.
- Zawadzki, P.; Zywicki, K., (2016). Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept. *Manag. Prod. Eng. Rev.*, 7, 105–112.
- Zayko M., (2008). Zayko M. (30 de 11 de 2008). Uma visão sistemática dos princípios Lean: Reflexão após 16 anos de pensamento e aprendizagem lean.Trad. Diogo Kosaka. Obtido de Lean Institute Brasil: www.lean.org.br
- Zenya, A.; Nystad, Ø., (2018). Assessing Corporate Sustainability with the Enterprise Sustainability Evaluation Tool (E-SET). *Sustainability*, 10, 4661.
- Zhang et al., (2014). A Scalable Two-Phase Top-Down specialization approach for data anonymization using MapReduce on cloud. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, v. 25, n. 2, p. 363-373.
- Zhao, Q.; Chen, M, (2011). Acomparision of ELV recycling system in China and Japan and China’s strategies. *Resour. Conserv. Recycl.*, 57, 15–21.
- Zhu, Q.; Sarkis, J.; Kee-hung, L., (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *Int. J. Prod. Econ.*, 111, 261–273.

ANEXOS

ANEXO 1: INQUÉRITO

Avaliação de Produção Lean, I4.0, e Sustentabilidade em suas dimensões (económica, ambiental e social) para o Desenvolvimento nas Empresas, serviu de estudo como objetivo final e principal identificar potenciais relações existentes entre Produção *Lean*, I4.0 e Sustentabilidade, nas empresas industriais.

Os dados são utilizados, única e exclusivamente, para a realização de uma tese de doutoramento, no âmbito do Programa Doutoral em Gestão de Engenharia Industrial e Sistemas, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Neste sentido, agradecemos a V^a Ex.^a o preenchimento do questionário anexado.

No âmbito do Programa Doutoral de Engenharia de Produção e Sistemas, a decorrer na Universidade do Minho solicito a sua colaboração na realização de um inquérito que pretende avaliar a consciência e preparação das PME's industriais e que trabalham com indústrias para recorrerem a entidades externas que promovem redes de empresas, através da opinião dos seus Gerentes, Administradores e/ou Quadros Superiores.

Salienta-se que não existem respostas menos corretas, apenas respostas que indicam a opinião de um profissional no contexto da sua empresa acerca deste assunto/tópico. A importância deste estudo prende-se com a importância crescente que as entidades externas têm tido no apoio e desenvolvimento das redes de empresas (conjunto de empresas que se relacionam e interagem com objetivos comuns). As respostas são totalmente anónimas e confidenciais (sem identificação de pessoas nem empresas), sendo submetidas a tratamento estatístico.

Agradeço desde já a sua colaboração.

Cordialmente,

Adriana Araújo

1. Dados gerais da empresa 1.1 Quantos colaboradores tem a sua empresa?

Por favor, selecione apenas uma das seguintes opções:

- Entre 1 e 9 colaboradores
- Entre 10 e 25 colaboradores
- Entre 26 e 50 colaboradores
- Entre 51 e 100 colaboradores
- Entre 101 e 250 colaboradores
- Mais de 250 colaboradores

1.2 Qual o valor aproximado de faturação em 2018 (euros)?

Por favor, selecione apenas uma das seguintes opções:

- Inferior a 10.000€
- Entre 10.000€ e 50.000€
- Entre 50.001€ e 250.000€
- Entre 250.001€ e 1.000.000€
- Entre 1.000.001€ e 2.000.000€
- Entre 2.000.001€ e 10.000.000€
- Entre 10.000.001€ e 50.000.000€
- Mais de 50.000.000€

1.3 Em que país se encontra localizada a sua empresa?

Por favor, selecione apenas uma das seguintes opções:

- Portugal
- Espanha
- Outro país

1.4 Qual o sector de atividade da sua empresa?

Por favor, selecione apenas uma das seguintes opções:

- Metalúrgica, Metalomecânica, Máquinas e Equipamentos
- Elétrica, Eletrónica e Automação
- Madeira e Mobiliário
- Química, Borracha e Plásticos
- Têxtil e Calçado

- Vidro, Cerâmica e afins
- Alimentar
- Tecnologias de Informação e Comunicação
- Serviços (Engenharia, Consultoria, ...)
- Outros: _____

1.5 Em que período foi fundada a sua empresa?

Por favor, selecione apenas uma das seguintes opções:

- Do ano 2015 a 2018
- Do ano 2008 a 2014
- Do ano 1993 a 2007
- Do ano 1918 a 1992
- Anterior ao ano 1918

1.6 Qual o tipo de sociedade da sua empresa?

Por favor, selecione todas as que se aplicam:

- Empresário em Nome Individual
- Sociedade Unipessoal por Quotas
- Sociedade por Quotas
- Sociedade Anónima
- Empresa Familiar
- Faz parte de algum Grupo Económico
- Entidade sem fins lucrativos (associação, fundação, centro tecnológico, universidade, politécnico, ...)

1.7 Qual o tipo de certificações obtidos pela sua empresa?

Por favor, selecione todas as que se aplicam:

- ISO TS16949
- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 5500

2. Dados gerais do(a) respondente

2.1 Idade?

2.2 Função na Empresa?

2.3 Escolaridade?

3. Produção Lean

3.1 A empresa reduziu as suas atividades sem valor.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2 A empresa incrementou fluxos produtivos puxados pelas necessidades do cliente interno (dentro da organização) e do cliente externo.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3 A empresa reduziu o número de produtos com defeito.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.4 A empresa reduziu os seus níveis de stock (materiais, em cursos de fabrico, e produtos finais).

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.5 A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

4. I4.0

4.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de integração dos seus sistemas (de informação e dos processos).

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

4.2 A empresa tem vindo a recorrer a modelos de tratamento de grande volume de dados (big data).

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

4.3 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

4.4 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização (Internet das coisas – IoT/IIoT, RFID, Cloud).

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

4.5 A empresa tem vindo a aumentar a utilização da manufatura aditiva, interna ou externamente.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5. Sustentabilidade

5.1 Sustentabilidade económica

5.1.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu lucro.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.1.2 A empresa tem vindo a aumentar o seu volume de faturação.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.1.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua quota de mercado.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.1.4 A empresa tem vindo a reduzir os seus custos operacionais.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.1.5 A empresa tem vindo melhorar o desempenho dos seus processos produtivos e de suporte.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.2 Sustentabilidade ambiental

5.2.1 A empresa tem vindo a reduzir os seus resíduos industriais sólidos, líquidos e/ou gasosos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.2.2 A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.2.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua própria produção de energia à base de fontes de energia renováveis.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.2.4 A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.2.5 A empresa tem vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.3 Sustentabilidade social

5.3.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de colaboradores.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5.3.2 A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5.3.3 A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho do seus colaboradores.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5.3.4 A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5.3.5 A empresa tem vindo a reduzir o número de acidentes de trabalho.

1	2	3	4	5
Discordo completamente			Concordo completamente	

5.3.6 A empresa tem vindo a aumentar a auscultação e a participação dos seus colaboradores nas tomadas de decisão.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.3.7 A empresa tem vindo a aumentar o número de colaboradores com algum grau de incapacidade.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

5.3.8 A empresa tem vindo a aumentar a duração do vínculo profissional dos seus colaboradores internos e/ou externos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

Comentários

Por favor, escreva aqui a sua resposta:

Muito agradecido pela sua contribuição.

Obrigado por ter concluído este inquérito.

ANEXO 2

ENCUESTA

Evaluación de Producción Lean, Industria 4.0, y Sustentabilidad (económica, ambiental y social) en las Empresas Industriales

Este estudio tiene como objetivo final identificar potenciales relaciones existentes entre Producción Lean, Industria 4.0, y Sustentabilidad, en las empresas industriales. La obtención de estos datos será utilizada, única y exclusivamente, para la realización de una tese de doctorado, en el ámbito del Programa Doctoral en Ingeniería Industrial y de Sistemas, de la Escuela de Ingeniería de la Universidade do Minho. Las respuestas son totalmente anónimas y confidenciales (sin identificación de personas ni empresas), siendo sometidas al tratamiento estadístico. En este sentido, les agradecemos a Ustedes el llenado del cuestionario anexo.

Agradecido por su colaboración.

Por su parte,

Adriana Araújo,

Para mayor aclaración contáctame por el e-mail:

Id4571(arroba)alunos(punto)uminho(punto)pt

1. Datos generales de la empresa

1.1 ¿Cuántos colaboradores tiene en su empresa?

Por favor, seleccione apenas una de las siguientes opciones:

- Entre 1 y 9 colaboradores
- Entre 10 y 249 colaboradores
- Entre 250 y 499 colaboradores
- 500 o más colaboradores

1.2 ¿Cuál es el valor aproximado de facturación en 2018 (euros)?

Por favor, seleccione solamente una de las siguientes opciones:

- Inferior a 250.000€
- Entre 250.000€ y 1.000.000€
- Entre 1.000.000€ y 2.000.000€
- Entre 2.000.001€ y 10.000.000€
- Entre 10.000.001€ y 50.000.000€
- Más de 50.000.000€

1.3 ¿En qué país se encuentra localizada su empresa?

Por favor, seleccione solamente una de las siguientes opciones:

- Portugal
- España
- Otro país

1.4 ¿Cual el sector de actividad de su empresa?

Por favor, seleccione solamente una de las siguientes opciones:

- Metalurgia, Metalmecánica, Máquinas y Equipamientos
- Eléctrica, Electrónica y Automación
- Madera y Mobiliario
- Química, Borracha y Plásticos
- Textil y Calzado
- Vidrio, Cerámica y afines
- Alimentar
- Tecnologías de Información y Comunicación

- Servicios (Ingeniería, Consultoría, ...)

Otros: _____

1.5 ¿En qué período fue fundada su empresa?

Por favor, seleccione solamente una de las siguientes opciones:

- Del año 2015 a 2018
- Del año 2008 a 2014
- Del año 1993 a 2007
- Del año 1918 a 1992
- Anterior al año 1918

1.6 ¿Cual la forma jurídica de su empresa?

Por favor, seleccione la que se aplica:

- Empresario Individual
- Sociedad de Responsabilidad Limitada
- Sociedad en Comandita
- Sociedad Colectiva
- Sociedad Anónima
- Cooperativa
- Entidad sin fines lucrativos (ejemplos: asociación, fundación,...)

1.7 ¿Cual el tipo de certificaciones obtenidos por su empresa?

Por favor, seleccione todas las que se aplica:

- ISO 9001
- ISO TS16949
- ISO 14001
- ISO 26000
- ISO 45001
- ISO 5500

2. Datos generales del respondiente

2.1 ¿Edad?

2.2 ¿Función en la Empresa?

2.3 ¿Escolaridad?

3. Producción Lean

3.1 La empresa redujo sus actividades sin valor.

	1	2	3	4	5	
Discuerdo completamente					Concuerto completamente	

3.2 La empresa incrementó flujos productivos tirados por las necesidades del cliente interno (dentro de la organización) y del cliente externo.

	1	2	3	4	5	
Discuerdo completamente					Concuerto completamente	

3.3 La empresa redujo el número de productos con defecto.

	1	2	3	4	5	
Discuerdo completamente					Concuerto completamente	

3.4 La empresa redujo sus niveles de stock (materiales, en cursos de fabrico, y productos finales)

	1	2	3	4	5	
Discuerdo completamente					Concuerto completamente	

3.5 La empresa redujo el número de averías en los equipamientos.

	1	2	3	4	5	
Discuerdo completamente					Concuerto completamente	

4. Industria 4.0

4.1 La empresa ha aumentado su nivel de integración de sus sistemas (de información y de los procesos).

1 2 3 4 5
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px;"> Discuerdo completamente Concuero completamente </div>

4.2 La empresa ha estado utilizando modelos de tratamiento de gran volumen de datos (big data).

1 2 3 4 5
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px;"> Discuerdo completamente Concuero completamente </div>

4.3 La empresa ha venido aumentando su número de equipos robotizados y con más grados de autonomía.

1 2 3 4 5
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px;"> Discuerdo completamente Concuero completamente </div>

4.4 La empresa ha venido aumentando su nivel de digitalización (Internet de las cosas – IoT/IIoT, RFID, Cloud).

1 2 3 4 5
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px;"> Discuerdo completamente Concuero completamente </div>

4.5 La empresa ha venido aumentando la utilización de la manufactura aditiva, interna o externamente.

1 2 3 4 5
<div style="display: flex; justify-content: space-between; padding: 5px;"> Discuerdo completamente Concuero completamente </div>

5. Sustentabilidad

5.1 Sustentabilidad económica

5.1.1 La empresa ha venido aumentando su lucro.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.1.2 La empresa ha venido aumentando su volumen de facturación.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.1.3 La empresa ha venido aumentando su cuota de mercado.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.1.4 La empresa ha venido reduciendo sus costes operacionales.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.1.5 A empresa ha venido mejorando el desempeño de sus procesos productivos y de soporte.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.2 Sustentabilidad ambiental

5.2.1 La empresa ha venido reduciendo sus residuos industriales sólidos, líquidos y/o gaseosos.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.2.2 La empresa ha venido reduciendo sus consumos energéticos provenientes de fuentes no renovables por unidad producida.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.2.3 La empresa ha venido aumentando su propia producción de energía a la base de fuentes de energía renovables.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.2.4 La empresa ha venido aumentando la práctica de la economía circular a través de prácticas de reutilización y/o reciclaje de los productos en fin de vida.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.2.5 La empresa ha venido aumentando la colaboración, en su cadena logística, con socios que sigan una política amiga del ambiente.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.3 Sustentabilidad social

5.3.1 La empresa ha venido aumentando su número de colaboradores.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.3.2 La empresa ha venido aumentando su nivel de remuneración salarial de sus colaboradores.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerdo completamente	

5.3.3 La empresa ha venido mejorando las condiciones de trabajo dos sus colaboradores.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.3.4 La empresa ha venido mejorando las condiciones de la sociedad envolvente.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.3.5 La empresa ha venido reduciendo el número de accidentes de trabajo.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.3.6 La empresa ha venido aumentando la auscultación y la participación de sus colaboradores en las tomadas de decisión.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.3.7 La empresa ha venido aumentando el número de colaboradores con algún grado de incapacidad.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

5.3.8 La empresa ha venido aumentando la duración del vínculo profesional de sus colaboradores internos y/o externos.

1	2	3	4	5
Discuerdo completamente			Concuerto completamente	

ANEXO 3

INQUÉRITO ONLINE

The screenshot shows the LimeSurvey interface for a survey titled "Inquérito - Avaliação de Produção Lean, Indústria 4.0, e Sustentabilidade (económica, ambiental e social) nas Empresas Industriais". The page includes the LimeSurvey logo, a language dropdown menu set to "Português", and a green "Seguinte" button. A short paragraph explains the survey's purpose and confidentiality.

Carregar inquérito não terminado Idioma Português

Idioma Português

Inquérito - Avaliação de Produção Lean, Indústria 4.0, e Sustentabilidade (económica, ambiental e social) nas Empresas Industriais

Este estudo tem como objetivo final identificar potenciais relações existentes entre Produção Lean, Indústria 4.0, e Sustentabilidade, nas empresas industriais. A obtenção destes dados será utilizada, única e exclusivamente, para a realização de uma tese de doutoramento, no âmbito do Programa Doutor em Engenharia Industrial e de Sistemas, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. As respostas são totalmente anónimas e confidenciais (sem identificação de pessoas nem empresas), sendo submetidas a tratamento estatístico. Neste sentido, agradecemos a Vª Ex.ª o preenchimento do questionário anexado.

There are 39 questions in this survey.

Seguinte

The screenshot shows the first question of the survey, "Parte 1 - DADOS GERAIS DA EMPRESA". The question is "1.1 Quantos colaboradores tem a sua empresa?" and offers four radio button options for the number of employees.

Continuar mais tarde Idioma Portug

Parte 1 - DADOS GERAIS DA EMPRESA

*1.1 Quantos colaboradores tem a sua empresa?

Escolha uma das seguintes respostas

- Entre 1 e 9 colaboradores
- Entre 10 e 249 colaboradores
- Entre 250 e 499 colaboradores
- 500 ou mais colaboradores

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico...

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma P

*1.2 Qual o valor faturação estimado em 2018 (euros)?

Escolha uma das seguintes respostas

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Inferior a 250.000€

Entre 250.000€ e 1.000.000€

Entre 1.000.000€ e 2.000.000€

Entre 2.000.001€ e 10.000.000€

Entre 10.000.001€ e 50.000.000€

Mais de 50.000.000€

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favoro

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

*1.3 Em que país se encontra localizada a sua empresa?

Escolha uma das seguintes respostas

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Se seleccionar a opção 'Outro', por favor especifique a sua escolha utilizando o respetivo campo de texto.

Portugal

Espanha

Outro:

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico...

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Por

*1.4 Qual o sector de actividade da sua empresa?

Escolha uma das seguintes respostas

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Se seleccionar a opção 'Outro', por favor especifique a sua escolha utilizando o respetivo campo de texto.

Metalúrgica, Metalomecânica, Máquinas e Equipamentos

Eléctica, Electrónica e Automação

Madeira e Mobiliário

Química, Borracha e Plásticos

Têxtil e Calçado

Vidro, Cerâmica e afins

Alimentar


Tecnologias de Informação e Comunicação

Serviços (Engenharia, Consultoria, ...)

Outro:

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Idioma Po

 LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Po

*1.5 Em que período foi fundada a sua empresa?

Escolha uma das seguintes respostas

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Do ano 2015 a 2018

Do ano 2008 a 2014


Do ano 1993 a 2007

Do ano 1918 a 1992

Anterior ao ano 1918

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Idioma Portu

 LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Portu

*1.6 Qual o tipo de sociedade da sua empresa?

Escolha uma das seguintes respostas

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Empresário em Nome Individual

Estabelecimento Individual de Responsabilidade Limitada

Cooperativa

Sociedade Unipessoal por Quotas

Sociedade em Comandita

Sociedade em Nome Coletivo


Sociedade por Quotas

Sociedade Anónima

Entidade sem fins lucrativos (exemplos: associação, fundação, ...)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Idioma Po

 LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Po

*1.7 Qual o tipo de certificações obtidos pela sua empresa?

Selecione todas as que se apliquem

A resposta a esta pergunta é obrigatória

Por favor, selecione pelo menos um item.

ISO 9001

ISO TS16949

ISO 14001

ISO 26000

ISO 45001

ISO 5500

Não conheço/Não tenho a certeza

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favorit

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

14%

Parte 2 – DADOS GERAIS DO RESPONDENTE

*2.1 Idade

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favorit

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

*2.2 Função na Empresa

*2.3 Escolaridade

*2.4 Localidade da sua Empresa

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favorit

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

28%

Parte 3 - PRODUÇÃO LEAN

*3.1 A empresa reduziu as suas atividades sem valor.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Atividades sem valor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favorit

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

*3.2 A empresa incrementou fluxos produtivos puxados pelas necessidades do cliente interno (dentro da organização) e do cliente externo.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Produção puxada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.3 A empresa reduziu o número de produtos com defeito.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Defeitos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.4 A empresa reduziu os seus níveis de stock (materiais, em cursos de fabrico, e produtos finais).

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.5 A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Avarias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Seguinte](#)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favorit

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

42%

Parte 4 - INDÚSTRIA 4.0

*4.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de integração dos seus sistemas (de informação e dos processos).

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Integração de sistemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favori

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

*4.2 A empresa tem vindo a recorrer a modelos de tratamento de grande volume de dados (big data).

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Big data	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4.3 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Robôs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favori

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

*4.4 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização (Internet das coisas - IoT/ IIoT, RFID, Cloud).

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Digitalização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4.5 A empresa tem vindo a aumentar a utilização da manufatura aditiva, interna ou externamente.

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Manufatura Aditiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Seguinte

Google Tradutor x Email - ADM: Adriana Araújo x LimeSurvey-DPS x Evaluación de Producción Le... x Inquérito - Avaliação de Produ... x +

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros fav

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

57%

Parte 5.1 - SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA

*5.1.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu lucro.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Lucro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Google Tradutor | Email - ADM. Adriana Araújo | LimeSurvey-DPS | Evaluación de Producción Le... | Inquérito - Avaliação de Prodi... | +

Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps | baixar livros | Prof. DárioK20/b1x1... | Login to workaway... | Adriana Araújo | M... | AI School - Learnin... | aula do Têlo Estrut... | Projeto Pedagógico... | >> | Outros favo

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

*5.1.2 A empresa tem vindo a aumentar o seu volume de faturação.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Volume de faturação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.1.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua quota de mercado.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Quota de mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Google Tradutor | Email - ADM. Adriana Araújo | LimeSurvey-DPS | Evaluación de Producción Le... | Inquérito - Avaliação de Prodi... | +

Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps | baixar livros | Prof. DárioK20/b1x1... | Login to workaway... | Adriana Araújo | M... | AI School - Learnin... | aula do Têlo Estrut... | Projeto Pedagógico... | >> | Ou

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Portu

*5.1.4 A empresa tem vindo a reduzir os seus custos operacionais.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Custos operacionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

*5.1.5 A empresa tem vindo melhorar o desempenho dos seus processos produtivos e de suporte.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Desempenho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Seguinte

Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps | baixar livros | Prof. DárioK20/b1x1... | Login to workaway... | Adriana Araújo | M... | AI School - Learnin... | aula do Têlo Estrut... | Projeto Pedagógico... | >> | Outros favo

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

71%

Parte 5.2 - SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

*5.2.1 A empresa tem vindo a reduzir os seus resíduos industriais sólidos, líquidos e/ou gasosos.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

71%

Parte 5.2 - SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

*5.2.1 A empresa tem vindo a reduzir os seus resíduos industriais sólidos, líquidos e/ou gasosos.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

*5.2.2 A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Consumo energético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.2.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua própria produção de energia à base de fontes de energia renováveis.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Energias renováveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português -

*5.2.4 A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Economia circular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.2.5 A empresa tem vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Política ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Seguinte](#)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Portugú

85%

Parte 5.3 - SUSTENTABILIDADE SOCIAL

*5.3.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de colaboradores.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
N.º colaboradores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

*5.3.2 A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Remuneração salarial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.3 A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Condições de trabalho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favoritos

LimeSurvey Continuar mais tarde Idioma Português

*5.3.4 A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente.

	1 Discordo completamente	2	3	4	5 Concordo completamente
Impacto na sociedade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.5 A empresa tem vindo a reduzir o número de acidentes de trabalho.

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Acidentes de trabalho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Outros favo

 Continuar mais tarde Idioma Português

*5.3.6 A empresa tem vindo a aumentar a auscultação e a participação dos seus colaboradores nas tomadas de decisão.

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Envolvimentos dos colaboradores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.7 A empresa tem vindo a aumentar o número de colaboradores com algum grau de incapacidade.

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Necessidades especiais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>


*5.3.8 A empresa tem vindo a aumentar a duração do vínculo profissional dos seus colaboradores internos e/ou externos.

	1 Concordo completamente	2	3	4	5 Discordo completamente
Vínculo profissional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Submeter](#)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico...



Muito agradecido pela sua contribuição.

ANEXO 4

ENCUESTA ONLINE

The screenshot shows the LimeSurvey interface for a survey in Spanish. At the top, the browser address bar shows the URL: `green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743?lang=es`. The LimeSurvey logo is on the left, and the text "Cargar encuesta sin terminar" and "Idioma: Esp" is on the right. A progress bar at the top left shows "0%". Below the progress bar, there is a language dropdown menu set to "Español". The main heading is "Evaluación de Producción Lean, Industria 4.0, y Sustentabilidad (económica, ambiental y social) en las Empresas Industriales". Below the heading, a paragraph explains the study's purpose: "Este estudio tiene como objetivo final identificar potenciales relaciones existentes entre Producción Lean, Industria 4.0, y Sustentabilidad, en las empresas industriales. La obtención de estos datos será utilizada, única y exclusivamente, para la realización de una tese de doctorado, en el ámbito del Programa Doctoral en Ingeniería Industrial y de Sistemas, de la Escuela de Ingeniería de la Universidade do Minho, Portugal. Las respuestas son totalmente anónimas y confidenciales (sin identificación de personas ni empresas), siendo sometidas al tratamiento estadístico. En este sentido, les agradecemos a Ustedes el llenado del cuestionario anexo." Below this, it says "Hay 39 preguntas en la encuesta." and a green "Siguiente" button is located at the bottom right.

The screenshot shows the LimeSurvey interface for a specific question. The browser address bar shows the URL: `green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743`. The LimeSurvey logo is on the left, and the text "Continuar después" and "Idioma: E" is on the right. The main heading is "Parte 1 - DATOS GENERALES DE LA EMPRESA". Below the heading, there is a question: "★1.1 ¿Cuántos colaboradores tiene en su empresa?". Below the question, there is a sub-heading: "● Seleccione una de las siguientes opciones". Below the sub-heading, there are four radio button options: "Entre 1 y 9 colaboradores", "Entre 10 y 249 colaboradores", "Entre 250 y 499 colaboradores", and "500 o más colaboradores".

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... » | Outros favo

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

*1.2 ¿Cuál es el valor aproximado de facturación en 2018 (euros)?

● Seleccione una de las siguientes opciones

- Inferior a 250.000€
- Entre 250.000€ y 1.000.000€
- Entre 1.000.000€ y 2.000.000€
- Entre 2.000.001€ y 10.000.000€
- Entre 10.000.001€ y 50.000.000€
- Más de 50.000.000€

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... » | C

LimeSurvey Continuar después Idioma: E

*1.3 ¿En qué país se encuentra localizada su empresa?

● Seleccione una de las siguientes opciones

- Portugal
- España
- Otro:

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... » | O

LimeSurvey Continuar después Idioma: Es


*1.4 ¿Cuál es el sector de actividad de su empresa?

● Seleccione una de las siguientes opciones

- Metalurgia, Metalmecánica, Máquinas y Equipamientos
- Eléctrica, Electrónica y Automación
- Madera y Mobiliario
- Química, Borracha y Plásticos
- Textil y Calzado
- Vidrio, Cerámica y afines
- Alimentar
- Tecnologías de Información y Comunicación
- Servicios (Ingeniería, Consultoría, ...)
- Otro:

← → ↻ ⓘ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Ou

 Continuar después Idioma: Es


***1.5** ¿En qué periodo fue fundada su empresa?

📘 Seleccione una de las siguientes opciones

- Del año 2015 a 2018
- Del año 2008 a 2014
- Del año 1993 a 2007
- Del año 1918 a 1992
- Anterior al año 1918

← → ↻ ⓘ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Ou

 Continuar después Idioma: E


***1.6** ¿Cual la forma jurídica de su empresa?

📘 Seleccione una de las siguientes opciones

- Empresario Individual
- Sociedad de Responsabilidad Limitada
- Cooperativa
- Sociedad Unipessoal
- Sociedad en Comandita
- Sociedad Coletiva
- Sociedad por Quotas
- Sociedad Anónima
- Entidad sin fines lucrativos (ejemplos: asociación, fundación,...)

← → ↻ ⓘ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Ou

 Continuar después Idioma: Es

***1.7** ¿Cual el tipo de certificaciones obtenidos por su empresa?

📘 Marque las opciones que correspondan

- ISO 9001
- ISO TS16949
- ISO 14001
- ISO 26000
- ISO 45001
- ISO 5500
- No conozco / No estoy seguro

← → ↻ ⚠ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araujo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Outros fas

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

14%

Parte 2 - DATOS GENERALES DEL RESPONDIENTE

*2.1 ¿Edad?

← → ↻ ⚠ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araujo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Outros fas

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

*2.2 ¿Función en la Empresa?

*2.3 ¿Escolaridad?

*2.4 Localidad de su Empresa

← → ↻ ⚠ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araujo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> | Outros fas

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

28%

Parte 3 - PRODUCCIÓN LEAN

*3.1 La empresa redujo sus actividades sin valor.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Actividades sin valor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x1... Login to workawayy... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: Es

LimeSurvey

*3.2 La empresa incrementó flujos productivos tirados por las necesidades del cliente interno (dentro de la organización) y del cliente externo.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Producción tirada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.3 La empresa redujo el número de productos con defecto.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Defectos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.4 La empresa redujo sus niveles de stock (materiales, en cursos de fabrico, y productos finales)

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Stocks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x1... Login to workawayy... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: Español

LimeSurvey

*3.4 La empresa redujo sus niveles de stock (materiales, en cursos de fabrico, y productos finales)

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Stocks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*3.5 La empresa redujo el número de averías en los equipamientos.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Averías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Siguiente](#)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x1... Login to workawayy... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: Español

LimeSurvey

42%

Parte 4 - INDUSTRIA 4.0

*4.1 La empresa ha aumentado su nivel de integración de sus sistemas (de información y de los procesos).

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Integración de sistemas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... » | Outros

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

*4.2 La empresa ha estado utilizando modelos de tratamiento de gran volumen de datos (big data).

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Big data	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4.3 La empresa ha venido aumentando su número de equipos robotizados y con más grados de autonomía.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Robots	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4.4 La empresa ha venido aumentando su nivel de digitalización (Internet de las cosas - IoT/ IIoT, RFID, Cloud).

	1 Concuerdo completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... » | Outros

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

*4.4 La empresa ha venido aumentando su nivel de digitalización (Internet de las cosas - IoT/ IIoT, RFID, Cloud).

	1 Concuerdo completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Digitalización	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*4.5 La empresa ha venido aumentando la utilización de la manufactura aditiva, interna o externamente.

	1 Concuerdo completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Manufactura Aditiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Siguiente

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... » | Outros

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

57%

Parte 5.1 - SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA

*5.1.1 La empresa ha venido aumentando su lucro.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Lucro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favo

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

*5.1.2 La empresa ha venido aumentando su volumen de facturación.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Volumen de facturación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.1.3 La empresa ha venido aumentando su cuota de mercado.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Cuota de mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favo

LimeSurvey Continuar después Idioma: Es

*5.1.4 La empresa ha venido reduciendo sus costes operacionales.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Costes operacionales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.1.5 A empresa ha venido mejorando el desempeño de sus procesos productivos y de soporte.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Desempeño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Siguiente](#)

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros favo

LimeSurvey Continuar después Idioma: Español

71%

Parte 5.2 - SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

*5.2.1 La empresa ha venido reduciendo sus residuos industriales sólidos, líquidos y/o gaseosos.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerdo completamente
Residuos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

LimeSurvey

Continuar después Idioma:

*5.2.2 La empresa ha venido reduciendo sus consumos energéticos provenientes de fuentes no renovables por unidad producida.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Consumo energético	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.2.3 La empresa ha venido aumentando su propia producción de energía a la base de fuentes de energía renovables.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Energías renovables	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

LimeSurvey

Continuar después Idioma: Espa

*5.2.4 La empresa ha venido aumentando la práctica de la economía circular a través de prácticas de reutilización y/o reciclaje de los productos en fin de vida.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Economía circular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.2.5 La empresa ha venido aumentando la colaboración, en su cadena logística, con socios que sigan una política amiga del ambiente.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Política ambiental	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4

Siguiente

green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

LimeSurvey

Continuar después Idioma: Es

85%

Parte 5.3 - SUSTENTABILIDAD SOCIAL

*5.3.1 La empresa ha venido aumentando su número de colaboradores.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
N.º colaboradores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: E

LimeSurvey

*5.3.2 La empresa ha venido aumentando su nivel de remuneración salarial de sus colaboradores.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Remuneración salarial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.3 La empresa ha venido mejorando las condiciones de trabajo dos sus colaboradores.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Condiciones de trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.4 La empresa ha venido mejorando las condiciones de la sociedad envolvente.

	1 Discuerdo completamente	2	3	4	5 Concuerto completamente
Impacto en la sociedad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: Es

LimeSurvey

*5.3.5 La empresa ha venido reduciendo el número de accidentes de trabajo.

	1 Concuerto completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Accidentes de trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.6 La empresa ha venido aumentando la auscultación y la participación de sus colaboradores en las tomadas de decisión.

	1 Concuerto completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Participación de los colaboradores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

← → ↻ Não seguro | green.dps.uminho.pt/limesurvey/index.php/94743

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway.i... Adriana Araújo | M... Al School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Continuar después Idioma: Esp

LimeSurvey

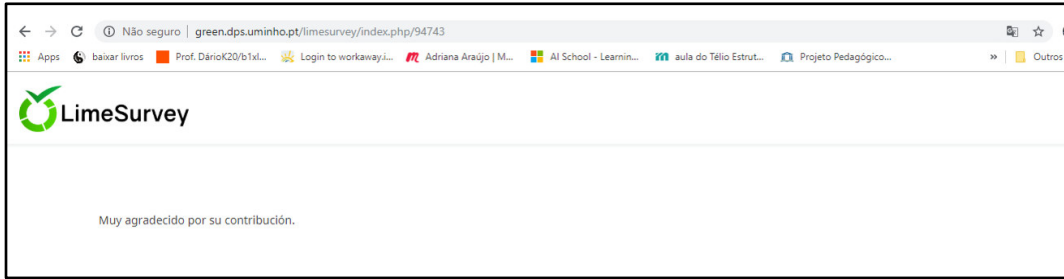
*5.3.7 La empresa ha venido aumentando el número de colaboradores con algún grado de incapacidad.

	1 Concuerto completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Necesidades especiales	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

*5.3.8 La empresa ha venido aumentando la duración del vínculo profesional de sus colaboradores internos y/o externos.

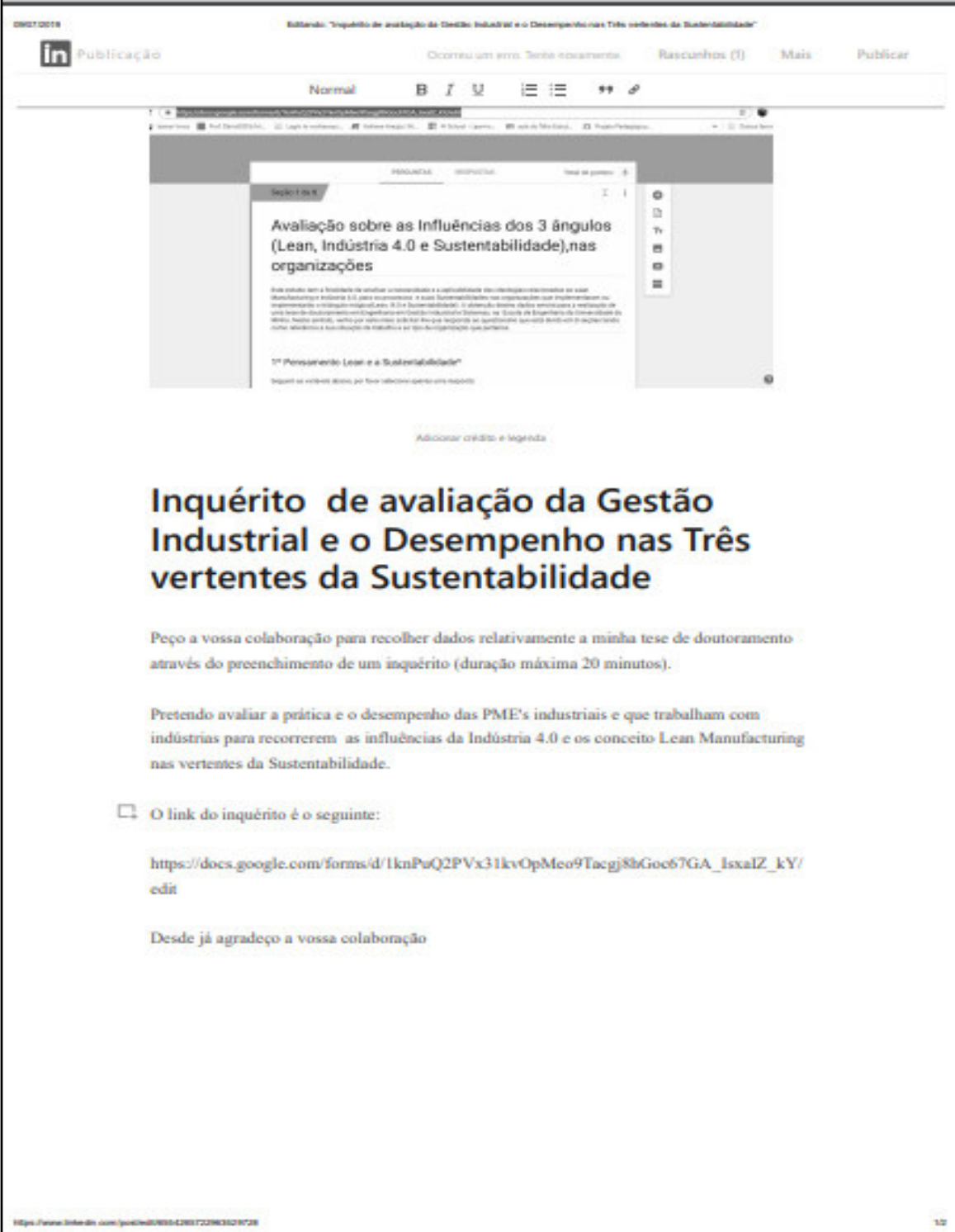
	1 Concuerto completamente	2	3	4	5 Discuerdo completamente
Vínculo profesional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Enviar



ANEXO 5

PUBLICAÇÃO LINKEDIN “SEGUNDA CONSTRUÇÃO DO INQUÉRITO E DIVULGAÇÃO”



The image shows a LinkedIn post draft in a web browser. At the top, the text reads "Editando: 'Inquérito de avaliação da Gestão Industrial e o Desempenho nas Três vertentes da Sustentabilidade'". Below this is the LinkedIn logo and the word "Publicação". A toolbar with various icons for text formatting and media is visible. The main content of the post is a preview of a document titled "Avaliação sobre as Influências dos 3 ângulos (Lean, Indústria 4.0 e Sustentabilidade), nas organizações". Below the preview, the text of the post is visible: "Peço a vossa colaboração para recolher dados relativamente a minha tese de doutoramento através do preenchimento de um inquérito (duração máxima 20 minutos). Pretendo avaliar a prática e o desempenho das PME's industriais e que trabalham com indústrias para recorrerem as influências da Indústria 4.0 e os conceito Lean Manufacturing nas vertentes da Sustentabilidade." followed by a link to the survey and a thank you message.

Publicação

Normal B I U

Avaliação sobre as Influências dos 3 ângulos (Lean, Indústria 4.0 e Sustentabilidade), nas organizações

Peço a vossa colaboração para recolher dados relativamente a minha tese de doutoramento através do preenchimento de um inquérito (duração máxima 20 minutos).

Pretendo avaliar a prática e o desempenho das PME's industriais e que trabalham com indústrias para recorrerem as influências da Indústria 4.0 e os conceito Lean Manufacturing nas vertentes da Sustentabilidade.

O link do inquérito é o seguinte:

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Tacgj8bGoc67GA_IsxaIZ_kY/edit

Desde já agradeço a vossa colaboração

1/2

Avaliação de Produção Lean, I4.0, e Sustentabilidade no Desenvolvimento nas Empresas

Este estudo tem como objetivo final identificar potenciais relações existentes entre Produção Lean, I4.0, e Sustentabilidade, nas empresas. A obtenção destes dados será utilizada, única e exclusivamente para a realização de uma tese de doutoramento, no âmbito do Programa Doutoral em Engenharia Industrial e de Sistemas, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Neste sentido, agradecemos a V^a Ex.^a o preenchimento do questionário anexado.

1. Produção Lean

1.1 A empresa reduziu as suas atividades sem valor.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

1.2 A empresa incrementou fluxos produtivos puxados pelas necessidades do cliente interno (dentro da organização) e do cliente externo

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

1.3 A empresa reduziu o número de produtos com defeito.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

1.4 A empresa reduziu os seus níveis de stock (materiais, em cursos de fabrico, e produtos finais)

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

1.5 A empresa reduziu o número de avarias nos equipamentos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

2. I4.0

2.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de integração dos seus sistemas (de informação e dos processos).

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

2.2 A empresa tem vindo a recorrer a modelos de tratamento de grande volume de dados (big data).

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

2.3 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de equipamentos robotizados e com mais graus de autonomia.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

2.4 A empresa tem vindo a aumentar o seu nível de digitalização (Internet das coisas – IoT/IIoT, RFID, Cloud).

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

2.5 A empresa tem vindo a aumentar a utilização da manufatura aditiva, interna ou externamente.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3. Sustentabilidade

3.1 Sustentabilidade económica

3.1.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu lucro.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.1.2 A empresa tem vindo a aumentar o seu volume de faturação.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.1.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua cota de mercado.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.1.4 A empresa tem vindo a reduzir os seus custos operacionais.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.1.5 A empresa tem vindo melhorar o desempenho dos seus processos produtivos e de suporte.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2 Sustentabilidade ambiental

3.2.1 A empresa tem vindo a reduzir os seus resíduos industriais sólidos, líquidos e/ou gasosos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2.2 A empresa tem vindo a reduzir os seus consumos energéticos provenientes de fontes não renováveis por unidade produzida.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2.3 A empresa tem vindo a aumentar a sua própria produção de energia à base de fontes de energia renováveis.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2.4 A empresa tem vindo a aumentar a prática da economia circular através de práticas de reutilização e/ou reciclagem dos produtos em fim de vida.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.2.5 A empresa tem vindo a aumentar a colaboração, na sua cadeia logística, com parceiros que sigam uma política amiga do ambiente.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3 Sustentabilidade social

3.3.1 A empresa tem vindo a aumentar o seu número de trabalhadores.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.2 A empresa tem vindo a aumentar o nível de remuneração salarial dos seus colaboradores.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.3 A empresa tem vindo a melhorar as condições de trabalho dos seus colaboradores.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.4 A empresa tem vindo a melhorar as condições da sociedade envolvente.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.5 A empresa tem vindo a reduzir o número de acidentes de trabalho.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.6 A empresa tem vindo a aumentar a auscultação e a participação dos seus colaboradores nas tomadas de decisão.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.7 A empresa tem vindo a aumentar o número de colaboradores com algum grau de incapacidade.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

3.3.8 A empresa tem vindo a aumentar a duração do vínculo profissional dos seus colaboradores internos e/ou externos.

1 2 3 4 5

Discordo completamente

Concordo completamente

Informação Geral

A) Designação da Empresa

B) Categoria ...

C) Setor de Atividade

Indústria

Comércio e Restaurante

Banca e Seguros

Tele communications

Outros

D) Natureza da Organização

Público

Privado

Sem fins lucrativos

E) Papel na Organização

Gerente / Gerente de Engenharia de Produção / Qualidade

Administrativo / CEO / Chefe Executivo

- Marketing e / ou vendas
- Produção e / ou Tecnologia
- Recursos humanos

F) Número de anos na organização

- Menos de 5
- 5 - 10
- Mais do que 10

G) Número de funcionários

- Menos do que 10
- 10 a 49
- 50-249
- 250 - 999
- Mais de 1000

H) Certificações

- ISO TS16949
- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 5500

ANEXO 6

PUBLICACIÓN LINKEDIN "SEGUNDA CONSTRUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN" EN ESPAÑOL.

Evaluación de Producción Lean, Industria 4.0, y Sostenibilidad (económica, ambiental y social) en las Empresas Industriales

Este estudio tiene como objetivo final identificar potenciales relaciones entre la Producción Lean, Industria 4.0, y Sostenibilidad, en las empresas industriales. La obtención de estos datos será utilizada, única y exclusivamente, para la realización de una tesis de doctorado, en el ámbito del Programa Doctoral en Ingeniería Industrial y de Sistemas, de la Escuela de Ingeniería de la Universidad del Minho. En este sentido, agradecemos a la Vª Ex. El llenado del cuestionario adjunto.

1. Producción Lean

1.1 La empresa redujo sus actividades sin valor.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

1.2 La empresa incrementó flujos productivos impulsadas por las necesidades del cliente interno (dentro de la organización) y del cliente externo

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

1.3 La empresa redujo el número de productos defectuosos.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

1.4 La empresa redujo sus niveles de stock (materiales, en cursos de fabricación, y productos finales).

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

1.5 La empresa redujo el número de averías en los equipos.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

2. **Industria 4.0**

2.1 La empresa ha aumentado su nivel de integración de sus sistemas (de información y de los procesos).

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

2.2 La empresa ha estado utilizando modelos de tratamiento de gran volumen de datos (big data).

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

2.3 La empresa ha aumentado su nivel de integración de sus sistemas (de información y de los procesos).

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

2.4 La empresa ha aumentado su nivel de digitalización (Internet de las cosas - IoT / IIoT, RFID, Cloud).

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

2.5 La empresa ha venido aumentando la utilización de la fabricación aditiva, interna o externamente.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3. Sostenibilidad

3.1 Sostenibilidad económica

3.1.1 La empresa ha aumentado sus ganancias.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.1.2 La empresa ha aumentado su volumen de facturación.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.1.3 La empresa ha aumentado su cuota de mercado.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.1.4 La empresa ha reducido sus costos operativos.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.1.5 La empresa ha mejorado el rendimiento de sus procesos productivos y de soporte.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.2 Sostenibilidad ambiental

3.2.1 La empresa ha reducido sus residuos industriales sólidos, líquidos y / o gaseosos.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.2.2 La empresa ha venido reduciendo sus consumos energéticos procedentes de fuentes no renovables por unidad producida.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.2.3 La empresa ha aumentado su propia producción de energía a base de fuentes de energía renovables.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.2.4 La empresa ha venido aumentando la práctica de la economía circular a través de prácticas de reutilización y / o reciclado de los productos al final de su vida.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.2.5 La empresa ha venido a aumentar la colaboración, en su cadena logística, con socios que sigan una política respetuosa del medio ambiente.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3 Sostenibilidad social

3.3.1 La empresa ha aumentado su número de trabajadores.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.2 La empresa ha venido aumentando el nivel de remuneración salarial de sus colaboradores.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.3 La empresa ha mejorado las condiciones de trabajo de sus colaboradores.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.4 La empresa ha mejorado las condiciones de la sociedad.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.5 La empresa ha reducido el número de accidentes de trabajo.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.6 La empresa ha venido aumentando la auscultación y la participación de sus colaboradores en las tomas de decisión.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.7 La empresa ha aumentado el número de empleados con algún grado de incapacidad.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

3.3.8 La empresa ha venido aumentando la duración del vínculo profesional de sus colaboradores internos y / o externos.

	1	2	3	4	5	
Discrepo completamente						Estoy totalmente de acuerdo

Informacion General

A) Nombre de la empresa

B) Tipo

C) Sector de Actividad

() Industria

() Comercio y Restaurante

() Banca y Seguros

() Tele comunicaciones

() Otro

D) Naturaleza de la Organización

- Pública
- Privada
- Sin fines lucrativos

E) Función en la Organización

- Gerente / Gerente de Ingeniería de Producción / Calidad
- Administrativo / CEO / Jefe Ejecutivo
- Marketing y / o ventas
- Producción y / o Tecnología
- Recursos humanos

F) Tiempo en años en la organización

- Menos de 5
- 5 - 10
- Más que 10

G) Número de empleados

- Menos de 10
- 10 a 49
- 50-249
- 250 - 999
- Más de 1000

H) Certificaciones

- ISO TS 16949
- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 5500

ANEXO 7

PUBLICAÇÃO VIA EMAIL'S.

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Tacgj8hGoc67GA_IsxaIZ_kY/edit

The screenshot shows the top portion of a Google Forms survey. The title is "Avaliação sobre as Influências dos 3 ângulos (Lean, Indústria 4.0 e Sustentabilidade), nas organizações". Below the title is a descriptive paragraph: "Este estudo tem a finalidade de analisar a necessidade e a aplicabilidade das ideologias relacionadas ao Lean Manufacturing e Indústria 4.0, para os processos e suas Sustentabilidades nas organizações que implementaram ou implementarão o triângulo mágico(Lean, I4.0 e Sustentabilidade). A obtenção destes dados servirá para a realização de uma tese de doutoramento em Engenharia em Gestão Industrial e Sistemas, na Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Neste sentido, venho por este meio solicitar-lhe que responda ao questionário que está dividido em 8 seções tendo como referência a sua situação de trabalho e ao tipo de organização que pertence." The form is currently on "Seção 1 de 8".

The screenshot shows a specific question in the survey: "1º Pensamento Lean e a Sustentabilidade*". The instruction is "Seguem as variáveis abaixo, por favor seleccione apenas uma resposta:". The question text is "1. O nosso pensamento Lean tem por objetivo, em essência, eliminar desperdícios em toda a companhia, ao mesmo tempo em que busca aumentar a agregação de valor em tudo o que se faz." Below the question is a 5-point Likert scale with radio buttons. The scale is labeled "Discordo Completamente" on the left and "Concordo Completamente" on the right. The scale points are 1, 2, 3, 4, and 5. The second question is partially visible: "2. O nosso pensamento Lean tem por objetivo, um modelo de gestão que visa identificar e desenvolver as atividades que agregam valor aos clientes (o que eles estão realmente dispostos a pagar) e eliminar os desperdícios (o que eles não estão dispostos a pagar)." It also has a 5-point Likert scale with radio buttons.

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araujo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico...

3. O nosso pensamento Lean tem por objetivo, prever a constante e sistemática eliminação das perdas, ou seja, das etapas do processo produtivo que não agregam valor, na empresa, portanto: nas atividades produtivas, nos armazenamentos locais e nas movimentação de materiais, etc. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

4. O nosso pensamento Lean tem por objetivo, somente tecnologias confiáveis e certamente eficazes em nossos processos e a tecnologia dever ser puxada pela produção, e não empurrada pra ela. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

→ ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araujo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros

5. O nosso pensamento Lean tem por objetivo, comprometer cada colaborador com a conservação das máquinas e equipamentos, para aumentar a confiabilidade dos mesmos.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

2º Pensamento Indústria 4.0

Sequem as variáveis abaixo, por favor seleccione apenas uma resposta:

6. O nosso pensamento I4.0 tem por objetivo, uma indústria mais limpa não somente na produção mais limpa, mas também o consumo é mais limpo.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

7. O nosso pensamento I4.0 tem por objetivo, uma indústria que cada produto que é produzido e vai para uma prateleira estará estocando recursos. Entre eles matéria prima, energia e mão de obra.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

8. O nosso pensamento I4.0 é ter movimentos, como o Tratado de Kyoto, diminuição de emissão de CO2 e de produção de lixo.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

9. O nosso pensamento I4.0 é ter máquinas que conversem entre si e conosco, expressões como "bigdata", "descentralização", "virtualização", "automatização" e "internet das coisas" são rotineiras e a proposta é conectar máquinas, sistemas e pessoas ao processo produtivo.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Plenamente

10. O nosso pensamento I4.0, sobre a redução de mão de obra nos trabalhos repetitivos vem sendo substituídos pela automação aumentando a demanda por profissionais qualificados.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Seção 2 de 8

2º Eliminação de Desperdício

Seguem as variáveis abaixo, por favor selecione apenas uma resposta:

11. A importância da influência do Lean e I4.0 sobre a redução de mão de obra nos trabalhos repetitivos vem sendo substituídos pela automação na nossa empresa, aumentando a demanda por profissionais qualificados. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

12. A importância do Lean e I4.0 no aumento médio de eficiência nos recursos de 3,3% em todos os setores da nossa empresa.

1 2 3 4 5

13. A importância na produção de peças sobressalentes usando a impressora 3D na nossa empresa reduzindo práticas logísticas e impacto ambiental através da economia de energia e dos combustíveis, utilizamos para o transporte de distribuição das peças e economia de material.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

14. A importância no desempenho da eficiência social na nossa organização sustentado pela geração e exploração de serviços como: digitalização, melhoria contínua etc..

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Plenamente

Após a seção 2 Continuar para a próxima seção

Seção 3 de 8

Impacto

Seguem as variáveis abaixo, por favor selecione apenas uma resposta:

15. Tentamos aplicar sistematicamente a filosofia e os conceitos do Sistema de Produção Toyota junto com as Tecnologias e aplicações digitais proporcionadas pela 4ª revolução industrial, focada no valor para o cliente e na eliminação de desperdício. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Plenamente

16. Na especificação de relação entre I4.0 e Lean nossa organização, Integra os sistemas entre cliente e fornecedor para comunicação sobre a concessão de produto, com feedback imediato. *

17. Na especificação de relação entre I4.0 e Lean nossa organização, utilizar atuais capacidades de tratamento de dados (Big Data Analytics) para captar e tratar a voz do Cliente. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

18. Enumere os desafios dos indicadores relacionados com o impacto do Lean na questão social da empresa de acordo com sua importância e complexidade (na sua opinião). *

	Geração de Empleo...	Segurança (Acidente...	Indicadores Sociais L...	Gastos com respons...
Maior e mais importa...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Importante desafio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menor e mais importa...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Menor desafio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros

Menor e mais importa...

Menor desafio

Não houve nenhum d...

19. De que forma a aplicação de princípios/ferramentas de Lean Manufacturing/Thinking afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente ou negativamente) a empresa? Selecione a opção que julgue mais adequada a seguir:

Afetou negativamente pois não permitiu reduzir nenhum tipo de desperdício na empresa

Afetou positivamente tendo permitido uma redução de desperdícios total até 10%

Afetou positivamente tendo permitido uma redução de desperdícios total entre 10% e 30%

Afetou positivamente tendo permitido uma redução de desperdícios total entre 30% e 50%

Afetou positivamente tendo permitido uma redução de desperdícios total acima de 50%

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros

20. Enumere os desafios de indicadores relacionados com o impacto do Lean na questão ambiental segundo a norma da ISO 14031, da empresa de acordo com sua importância e complexidade (na sua opinião).

Indicadore... Indicadore... Indicadore... Indicadore... Indicadore... Indicadore... Indicadore... Indicadore...

Maior e m...

Importante...

Menor e m...

Menor des...

Não houve...

21. Na especificação de relação entre I4.0 e Lean nossa organização, utiliza a impressão 3D para realizar protótipos e amostras.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMoe9Taccj8hGoc67GA_lsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favoritos

22. Na definição e implementação de uma cadeia de valor sem desperdício nossa organização, utiliza Simulação 3D para desenho e validação de processos, antes da sua realização física

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

23. Na definição e implementação de uma cadeia de valor sem desperdício nossa organização, utiliza documentação digital nos processos (métodos, materiais, setup de máquina), com visualização em tempo real, e utilização interativa, nos postos de trabalho.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMoe9Taccj8hGoc67GA_lsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1xl... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros favoritos

24. Na definição e implementação de uma cadeia de valor sem desperdício nossa organização, utiliza de tecnologias de detecção de movimentos de pessoas para a definição, o treino e o seguimento do trabalho normalizado dos operários.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

25. Na definição e implementação de uma cadeia de valor sem desperdício nossa organização, utiliza tecnologias de controlo de identidade para garantir que o trabalho seja executado por pessoas habilitadas.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 3 Continuar para a próxima seção

Seção 4 de 8

4º Gestão no Sistema Produtivo

Seguem as variáveis abaixo, por favor selecione apenas uma resposta:

26. Na nossa organização orientamos fazer manutenção de processos robustos, em sistemas de comunicação direta com os equipamentos, permitindo tratamento de dados em tempo real, e com aprendizagem dinâmica..

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

...

27. Na nossa organização orientamos para recolha de dados nos equipamentos, controlo estatístico de processo e aferição da capacidade do processo, em tempo real, com ligação ao cliente..

1 2 3 4 5

28. De que forma a aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente ou negativamente) a empresa? Selecione a opção que julgue mais adequada a seguir:

Afetou negativamente pois não permitiu a sustentabilidade do negócio essencialmente das fontes de oportunidade...

Afetou positivamente tendo permitido crescer o negócio, aumentando as receitas – fabricando produtos e serviço...

Afetou positivamente tendo permitido crescer o negócio, aumentando as receitas – fabricando produtos e serviço...

Afetou positivamente tendo permitido crescer o negócio, aumentando as receitas – fabricando produtos e serviço...

Afetou positivamente tendo permitido crescer o negócio, aumentando as receitas – fabricando produtos e serviço...

29. De que forma a aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou socialmente (positivamente ou negativamente) a empresa? Selecione a opção que julgue mais adequada a seguir:

Afetou negativamente pois não previu as mudanças de ligação digital dentro da fábrica que ligue Tecnologias de In...

Afetou positivamente tendo permitido um aumento até 10% nas horas de trabalho ou contratações na empresa

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros fav

Afetou positivamente tendo permitido um ganho entre 10% e 30% nas horas de trabalho ou contratações na empre...
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho entre 30% e 50% nas horas de trabalho ou contratações na empre...
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho acima de 50% nas horas de trabalho ou contratações na empresa

30. De que forma a aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou economicamente (positivamente ou negativamente) a empresa? Selecione a opção que julgue mais adequada a seguir:

Afetou negativamente pois não conseguiu planejar, prever as mudanças para reagir em tempo real, nenhum ganho ...
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho correspondente à 10% no máximo 25%
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho correspondente à 25% no máximo 40%
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho correspondente à 40% no máximo 50 %
 Afetou positivamente tendo permitido um ganho acima de 50%

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... Outros fav

31. Na nossa organização orientamos para utilização de sistemas de detecção e registo de paragens, micro-paragens, perdas de rendimento, etc., para cálculo em tempo real de indicadores de desempenho (OEE...)

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

32. Na criação de fluxo contínuo entre operações a nossa organização utilizar simulação 3D para definir as melhores sequências/rotas de produção e, consequentemente qual o melhor layout.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

33. Na criação de fluxo contínuo entre operações a nossa organização tem gestão em tempo real da rota a seguir pelo produto (gestão de filas de espera).

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

34. Na criação de fluxo contínuo entre operações a nossa organização tem reconhecimento automático pelos equipamentos do produto a fabricar, com auto-setup e abastecimento de materiais e componentes.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

...

35. Na sincronização da produção com procura, a nossa organização tem a Integração dos sistemas entre cliente e fornecedor (externo ou interno), a todas as etapas da cadeia de valor.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

36. Na sincronização da produção a nossa organização utiliza os sinais eletrônicos (E-Kanban, Sincro) de ordem de produção, de picking ou de kitting para repor materiais consumidos ou para preparar materiais que vão ser consumidos (dentro de empresa ou com fornecedores externos).

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

37. Na sincronização da produção a nossa organização utiliza comunicação em tempo real (bidirecional) entre o cliente e o operário que executa o picking para pedidos de última hora, anomalias e falta de materiais.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

38. Na melhoria Lean e I4.0 nossos processos da organização disponibiliza informação interativa em tempo real no seu posto de trabalho.

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

39. No Lean e I4.0 nossos processos produtivos, utilizar dados de controlo de desempenho proporcionados pelo sistema MES (Manufacturing Execution System) para gestão operacional e defini as ações de melhorias.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 4 Continuar para a próxima seção

Seção 5 de 8

5º Inovação

Sequem as variáveis abaixo, por favor seleccione apenas uma resposta:

40. A tecnologia pode tornar a nossa empresa mais eficientes, mas estarão as máquinas prestes a assumir todos os nossos empregos. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

41. A aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa nas reduções e consumos energéticos de energia não renováveis por unidade produzida. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

42. A aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa nas reduções de gases poluentes ou afluentes poluentes. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

43. A aplicação de princípios/ferramentas da Indústria 4.0 / Internet das Coisas e Computação em Nuvem afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa em reduções, reutilização ou reciclagem dos materiais. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

44. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou económico (positivamente) na nossa empresa tendo reduções de custos produtivos por unidade de produto. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

45. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou económico (positivamente) na nossa empresa tendo aumentos de lucros por unidade de produto. *

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

46. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou económico (positivamente) na nossa empresa tendo o aumento das receitas por unidade de produto. *

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_jsxaiZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... » Outros

47. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa tendo reduções nos consumos energéticos de energia não renováveis por unidade produzida.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

48. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa tendo reduções de gases poluentes ou afluentes poluentes.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

49. A aplicação de princípios/ferramentas do Lean / afeta/afetou ambientalmente ou ecologicamente (positivamente) nossa empresa tendo reduções, reutilização ou reciclagem dos materiais

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_jsxaiZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlio Estrut... Projeto Pedagógico... » Outros

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 5 Continuar para a próxima seção

Seção 6 de 8

6º Satisfação

Seguem as variáveis abaixo, por favor selecione apenas uma resposta.

50. O nosso grau de satisfação nos recursos otimizados usando a interoperabilidade ficou maior na integração entre as áreas internas e entre toda a cadeia de valor. (ex: disponibilização de informação em tempo real na eliminação dos desperdícios associados a falta de material ou outros causados por problemas de comunicação).

1 2 3 4 5

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8HGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros

51. O nosso grau de satisfação para os recursos otimizados usando a Virtualização, ficou alinhado com o interesse que a filosofia Lean tem em sempre focar em uma visão sistêmica, em tempo real o que está acontecendo.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

52. O nosso grau de satisfação para os recursos otimizados usando a Descentralização, ajudaram os processos a ficarem mais preparados para esse tipo de comportamento.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

53. O nosso grau de satisfação para os recursos otimizados usando a Modularização ficou mais flexíveis e simples nos processos junto com a capacidade de integrar novos módulos que agregam novos potenciais ao negócio.

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8HGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 6 Ir para a seção 6 (6ª Satisfação)

Seção 7 de 8

7º Programas

Seguem as variáveis abaixo, por favor selecione apenas uma resposta:

54. Na nossa organização o programa de sustentabilidade influencia mais as receitas com a digitalização de produtos e serviços pois deverão crescer significativamente, nos próximos 5 anos.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8HGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

Apps baixar livros Prof. DiárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... >> Outros

55. Na nossa organização o programa de sustentabilidade influencia mais Integração vertical de sensores, através de MES (Manufacturing execution systems) para a produção em tempo real, procurando a otimização da utilização da máquina e a redução dos tempos de produção.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

56. Na nossa organização o programa de sustentabilidade influencia mais no suporte à análise de dados para toda a empresa, pois as atividades de análise de dados ainda estão nas mãos de poucos colaboradores.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

57. Na nossa organização o programa de sustentabilidade influencia nos investimentos em treinamentos e adaptação da fábrica.

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

58. Na nossa organização o programa de sustentabilidade permite evitar desperdício humano, intelectual, de materiais, de tempo e de equipamentos.

1 2 3 4 5

Discordo Completamente Concordo Completamente

Após a seção 7 Continuar para a próxima seção

Seção 8 de 8

8º Informações Gerais

Seguem as variáveis abaixo, por favor respostas curtas e seleccione apenas uma resposta quando necessário:

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

9º Organização *

Texto de resposta curta

10º. Nome do Respondente

Texto de resposta curta

11º. Setor de Atividade

Indústria

Comércio e Restauração

Banca e Seguros

Telecomunicações

Outros

https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit

12º. Natureza da Organização

Pública

Privada

Sem Fins Lucrativos

13º Função na Organização

Gestor/ Responsável Engenharia de Produção/ Qualidade

Administrativo / CEO / Diretor Geral

Marketing e /ou Venda

Produção e/ou Tecnologia

Recursos Humanos

← → ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit ☆

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... » Outros fa

14º Número de anos na organização

Menor que 5

5 - 10

Maior que 10

⋮

15º Número de empregados *

Menor que 10

10 - 49

50 - 249

250 - 999

Mais de 1000

+

📄

Tt

🖼️

🎥

☰

→ ↻ https://docs.google.com/forms/d/1knPuQ2PVx31kvOpMeo9Taccj8hGoc67GA_IsxalZ_kY/edit ☆

Apps baixar livros Prof. DárioK20/b1x... Login to workaway... Adriana Araújo | M... AI School - Learnin... aula do Têlo Estrut... Projeto Pedagógico... » Outros fa

15º Número de empregados

Menor que 10

10 - 49

50 - 249

250 - 999

Mais de 1000

⋮

16º Certificações *

ISO TS16949

ISO 9001

ISO 14001

ISO 5500

+

📄

Tt

🖼️

🎥

☰