



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Nathália Gusmão Cabral de Melo

**PROPOSTA DE UM MODELO CONCEITUAL PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada pela Professora Doutora Cláudia Margarida R. de Souza e Silva e apresentada no Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2019



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Proposta de um modelo conceitual para a implementação da Indústria 4.0

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial.

A conceptual framework for the implementation of Industry 4.0

Autora

Nathália Gusmão Cabral de Melo

Orientadora

Professora Doutora Cláudia Margarida R. De Souza e Silva

Júri

Presidente	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professora Doutora Cláudia Margarida Ramos de Sousa e Silva Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Coimbra Professora Doutora Cláudia Margarida Ramos de Sousa e Silva
Orientadora	Professora Auxiliar Convidada da Universidade de Coimbra

Coimbra, Setembro, 2019

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém
(...)
Quem acredita sempre alcança”

Flávio Venturini e Renato Russo

Agradecimentos

Agradeço à Deus, pela vida, pelas bênçãos, pela oportunidade de estar viva, pela coragem de correr atrás dos meus sonhos, por ser meu alicerce e por se mostrar presente nos meus momentos de solidão e desespero. Obrigada meu Deus!

Aos meus pais, Orlando e Andréa, pelas palavras de incentivo e encorajamento valorizando o meu potencial nos momentos mais difíceis.

Ao meu marido, Joaquim, por todo o incentivo, carinho, companheirismo durante todo este longo percurso. Obrigada por sempre acreditares nas minhas capacidades e por todo o amor e dedicação. Sem você não teria esta oportunidade de lutar pelos meus sonhos e objetivos.

À minha filha, Malu, por todo o amor, carinho e paciência, por ser a força que me impulsiona a alcançar meus objetivos. Obrigada miúda por aguentar a ausência da mamãe e mesmo assim sempre me receber de braços abertos, com muitos beijinhos e carinhos.

Agradeço à Professora Doutora Cláudia Margarida, minha orientadora, pela disponibilidade, ensinamentos, incentivos, ajuda e dedicação. Pela partilha do saber e valioso contributo na elaboração desta dissertação. Muito Obrigada Professora!

Aos meus amigos que o Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial me deu, sem eles não teria tido nenhuma graça. Obrigada por tornar essa jornada mais leve!

Agradeço especialmente a Gabriella, minha amiga e companheira do Mestrado que tanto me ajudou durante esses dois anos. Tenho certeza que ainda iremos compartilhar muitas outras conquistas nas nossas vidas. Obrigada Gabis!

À minha família e aos amigos do Brasil. Obrigada por entenderem a nossa decisão, nos apoiar, nos visitar e aquecer nossa casa com amor e carinho.

Resumo

A quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0, vem sendo construída através da busca de novas tecnologias que viabilizam o aumento da produtividade, da flexibilidade e da adaptabilidade dos processos, transformando toda a cadeia de valor através da conexão entre clientes e empresas. Essas transformações surgem para permitir a troca de informações e a tomada de decisões em tempo real, garantindo fábricas inteligentes, uma rede digital que conecta a todos e a criação de novos postos de trabalho.

Assim, esta dissertação no âmbito do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, tem como principal objetivo propor um modelo conceitual para a implementação da Indústria 4.0 nas empresas, sendo as de manufatura o foco principal de estudo. Para tal, foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema, abordando os conceitos e definições utilizados e os princípios e os pilares envolvidos, além da identificação de métodos de avaliação da maturidade da Indústria 4.0 das empresas.

Os objetivos específicos deste trabalho consistem na realização de um estudo do Estado da Arte sobre o tema, buscando entender o que outros autores estão abordando sobre o mesmo e quais os benefícios e dificuldades que estão sendo encontrados; na identificação do grau de maturidade da Indústria 4.0 em empresas portuguesas; e o entendimento dos principais processos adotados por elas na implementação da Indústria 4.0 em seus ambientes, sendo isto feito através de entrevistas que abordam os processos e a estratégia de implementação por elas utilizadas.

É pretendido que o modelo conceitual aqui desenvolvido seja uma ferramenta prática, interativa e objetiva que auxilie profissionais e empresas a identificarem as principais etapas relacionadas a implementação da Indústria 4.0 para além de difundir um conjunto de práticas para sua execução, como também difundir o tema no meio acadêmico, de forma a estimular o estudo sobre a Indústria 4.0 e as transformações pelas quais a sociedade vem passando através dessa nova revolução.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Implementação, Internet das Coisas, *Big data*, Integração digital

Abstract

The fourth industrial revolution, or 4.0 Industry, has been growing through the search of new technologies that increases processes productivity, flexibility and adaptability, transforming all current value chain through connecting clients and companies together. Those transformations come up with the possibility of real time information exchange and decision-making, creating smart factories, a digital network that connects everybody and new job positions.

Thereby, this study has as main objective to bring forward a conceptual framework for a 4.0 Industry implementation, primarily focused on manufactory industries. To this end, it was performed a literature review about the topic, approaching the applied concepts and definitions, the involved principles and pillars, besides a study about evaluation methods of 4.0 Industry maturity inside the companies.

The specifics objectives of this paper consist in: a study of the state of art about the topic to understand what other authors are approaching and what are the benefits and difficulties that are being found; the identification of Industry 4.0 maturity level of Portuguese companies; and the understanding of the main steps used to implement Industry 4.0, being this made by interviews that approach the processes and strategies used by them.

It is intended that the conceptual framework here developed become a practical, interactive and objective tool to help professionals and companies to identify the main steps related with the implementation of 4.0 and to spread a practice collection to help execute it, as well as to diffuse the topic inside academics, to encourage the study about 4.0 Industry and the transformations that society has been suffering through this new revolution.

Keywords: 4.0 Industry, Implementation, Internet of Things, *Big data*, Digital Integration.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Justificativa e Objetivos	1
1.3. Metodologia de investigação	2
1.4. Estrutura do trabalho	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. A Indústria 4.0	7
2.2. Conceitos e definições da Indústria 4.0	8
2.3. Princípios da Indústria 4.0	10
2.4. Pilares da Indústria 4.0	11
2.5. Maturidade na Indústria 4.0.....	13
3. ESTADO DA ARTE DA INDÚSTRIA 4.0.....	19
3.1. Processos de Implementação da Indústria 4.0	23
3.2. Benefícios obtidos com a Indústria 4.0	30
3.3. Problemática encontrada na Indústria 4.0.....	35
4. ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS	39
4.1. Seleção das empresas do Estudo de Caso.....	39
4.2. Inquérito 1 – Maturidade	42
4.3. Descrição das empresas e Inquérito 2.....	47
4.3.1. Sonae Arauco – Oliveira do Hospital	48
4.3.2. Bosh Car Multimedia	49
4.3.3. Revigres	51
4.3.4. Grupo PSA – Mangualde.....	52
4.3.5. SRAMPORT.....	55
4.3.6. Renault Cacia.....	59
4.3.7. Siemens.....	61
5. RESULTADOS	65
5.1. Gestão	66
5.2. Identificar.....	67
5.3. Entender.....	68
5.4. Mapear	69
5.5. Definir.....	71
5.6. Planejar	72
5.7. Transformar	73
5.8. Melhorar	75
6. CONCLUSÕES	79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A: Inquérito 1 - Maturidade.....	87
APÊNDICE B: Pontuação das Capacidades, Dimensões e Maturidade	93
APÊNDICE C: Inquérito 2 – Entrevista Semiestruturada	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Níveis de maturidade e classificações.....	17
Figura 3.1. Evolução do número de publicações.....	20
Figura 3.2. Título das publicações.....	20
Figura 3.3. Representação dos tipos documentais em %.....	21
Figura 3.4. Sistema ideal genérico.....	27
Figura 3.5. Sequência para criação do modelo conceitual	30
Figura 4.1. Áreas de investimento para implementação da Indústria 4.0.....	46
Figura 4.2. Objetivos das empresas ao implementar a Indústria 4.0	47
Figura 4.3. Linha de máquinas de produção de correntes	57
Figura 4.4. Apresentação Siemens: MindSphere.....	63
Figura 4.7. Apresentação Siemens: Parceiros	64
Figura 5.1. Motivações das empresas em implementar a Indústria 4.0.....	69
Figura 5.2. Preocupação com os colaboradores	73
Figura 5.3. Modelo Conceitual final.....	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Conceitos e definições da Indústria 4.0	8
Tabela 2.2. Itens de avaliação de maturidade propostos por Schumacher et al. (2016).....	15
Tabela 2.3. Capacidades de transformação propostas por Lichtblau et al. (2015).....	16
Tabela 3.1. Documentos selecionados para Estado da Arte	22
Tabela 3.2. Resultados da simulação	34
Tabela 3.3. Benefícios identificados no Estado da Arte.....	34
Tabela 4.1. Empresas abordada para o Estudo de Caso	40
Tabela 4.2. Procedimento de recolha de dados	41
Tabela 4.3. Estratégia, estrutura e cultura organizacionais	43
Tabela 4.4. Fábricas inteligentes	44
Tabela 4.5. Processos inteligentes	45
Tabela 4.6. Cadeia de valor inteligente	45
Tabela 4.7. Representatividade do grau de Maturidade	46
Tabela 5.1. Fase Gestão	66
Tabela 5.2. Fase Identificar	68
Tabela 5.3. Fase Entender.....	68
Tabela 5.4. Fase Mapear.....	70
Tabela 5.5. Fase Definir	71
Tabela 5.6. Fase Planejar.....	72
Tabela 5.7. Fase Transformar	74
Tabela 5.8. Fase Melhorar	76

SIGLAS

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CDO – *Chief Digital Officer*

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

GPS – Global

IOT – *Internet of Things*

KPI – *Key Performance Indicator*

MES – *Manufacturing Execution System*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PME – Pequenas e Médias Empresas

SHP – Sistema Hyundai de Produção

SIPOC – *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*

RFID – *Radio-Frequency Identification*

AGV – *Automatic Guided Vehicle*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

As revoluções industriais ocorridas desde o século XVIII foram responsáveis por grandes mudanças nos cenários econômico, social e político do mundo inteiro, resultante da evolução dos métodos de produção e das mudanças dos hábitos de consumo.

Em 2011, na Alemanha, o termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez tendo como base um projeto de estratégias do governo alemão voltado à tecnologia. Em 2013, foi então publicado um trabalho sobre seu possível desenvolvimento onde era descrito que seu fundamento básico era envolver a conexão de máquinas, sistemas e pessoas ao longo da cadeia de produção. O objetivo principal seria tornar as fábricas em fábricas inteligentes e assim aumentar a eficácia do agendamento de manutenções, da prevenção de falhas nos processos e dos ajustes às mudanças não planejadas na produção (Silveira, 2017).

Em 2018, o fundador do Fórum Econômico Mundial, Klaus Martin Schwab, afirmou que uma nova revolução tecnológica já estaria em andamento atualmente e que esta revolução terá a capacidade de transformar a forma de viver, de trabalhar e de se relacionar da sociedade como um todo, além de ser diferente de tudo o que ser o humano já experimentou até então (Forum Econômico Mundial, 2018).

Na sessão de lançamento do livro “Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0”, em maio de 2019, onde a autora desta dissertação pôde estar presente, o autor do livro, Professor Doutor Norberto Pires, afirmou que a Indústria 4.0 é uma resposta à evolução da indústria, que tem a necessidade de responder a perda da competitividade buscando novas tecnologias com o principal objetivo de melhorar a cadeia logística.

1.2. Justificativa e Objetivos

A principal motivação para a realização deste trabalho consiste na realização de um estudo, análise e disseminação dos conceitos e ferramentas relacionados à Indústria 4.0 que possam auxiliar acadêmicos, profissionais e empresas a compreenderem o novo cenário da evolução tecnológica, da alta produtividade, da alta flexibilidade e da alta competitividade

A escolha do tema se deu em razão de a Indústria 4.0 ser um tema atual e de extrema importância para a engenharia industrial. A inovação tecnológica é o suporte para a otimização de toda a cadeia de produção através da melhoria contínua, eficiência, segurança, produtividade e retorno do investimento. O principal objetivo é a elaboração de um modelo conceitual para implementação da Indústria 4.0, estabelecendo como objetivos específicos os seguintes pontos:

- Analisar o Estado da Arte a fim de entender como os outros autores estão abordando a temática da implementação da Indústria 4.0 e seus processos, além de quais são os benefícios e dificuldades encontrados até então;
- Analisar e identificar o grau de maturidade em que as empresas do estudo de caso se encontram;
- Identificar e caracterizar os processos adotados pelas empresas para implementação da indústria 4.0.

Outro ponto, não menos importante, é disseminar os conceitos da Indústria 4.0 e um conjunto de casos reais, sejam eles no Estado da Arte, sejam eles os objetos de estudo de caso.

1.3. Metodologia de investigação

O estudo de seleção da metodologia de investigação se deu a partir da definição de quais seriam os métodos, técnicas e processos a serem empregados para a composição da produção deste objeto de estudo científico. Gerhardt e Silveira (2009) acreditam que “o método científico compreende basicamente um conjunto de dados iniciais e um sistema de operações ordenadas adequado para a formulação de conclusões, de acordo com certos objetivos predeterminados”.

Sendo assim, surgiu, inicialmente, o interesse pela pesquisa através da literatura sobre os conceitos, princípios e pilares da Indústria 4.0. Segundo Gil (*apud* Gerhardt e Silveira, 2009), pesquisa é definida como:

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Dessa forma, para dar início a uma pesquisa, é preciso existir um questionamento e a busca pela sua resposta. Esse questionamento pode ser por razão intelectual ou prática. No caso do objeto de estudo, se deu pela **razão prática** de conhecer como se faz algo de maneira mais eficaz, no caso, como ocorre a implementação da Indústria 4.0

Em relação a abordagem, ela se deu de forma **qualitativa**, pois não é baseada em sua representatividade numérica, mas sim no aprofundamento da compressão de um grupo de organizações, recusando o modelo positivista aplicado ao estudo da vida social (Gerhardt e Silveira, 2009).

Em relação a natureza do estudo proposto, esta se dirige à solução de problemas específicos envolvendo verdades e interesses locais, sendo designada de **pesquisa aplicada**. Para além do objetivo, ela pode ser classificada, também, como **exploratória**, pois, segundo Gil (*apud* Gerhardt e Silveira, 2009), é preciso criar laços com o tema, a fim de torná-lo mais explícito, através de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análises de exemplos que estimulem a compreensão.

O trabalho desenvolvido baseia-se na abordagem qualitativa e na pesquisa exploratória ao propor uma análise do Estado da Arte da Indústria 4.0, a fim de entender quais os processos, resultados e barreiras podem ser encontrados nos estudos de outros autores sobre sua implementação. Além disso, realiza-se, também, um questionário estruturado para enquadrar o nível de maturidade das empresas do estudo de caso e depois uma entrevista estruturada a fim de perceber como ocorreu a implementação em si dentro de cada uma delas.

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), “a pesquisa científica é o resultado de um inquérito ou exame minucioso, realizado com o objetivo de resolver um problema, recorrendo a procedimentos científicos”. É possível investigar uma pessoa ou um grupo abordando um objeto de investigação a fim de comprovar, descrever ou explorar uma hipótese.

Com o objetivo de solucionar a problemática ao criar um modelo conceitual para implementação da Indústria 4.0 a autora adota, também, a estratégia de investigação através do **estudo de caso**. Yin (2001) defende que:

“Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.”

De fato, “um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real (...)” onde o pesquisador quer expandir e generalizar teorias e não enumerar frequências através de “amostragens” (Yin, 2001).

E para aumentar a sua validade, optou-se por fazer um **estudo de casos múltiplos**, onde são conduzidos simultaneamente várias instituições, permitindo analisar os dados dentro de cada situação e entre situações, compreendendo as semelhanças e diferenças entre elas (Gustafsson *apud* Santos, 2018), juntamente com o uso de **múltiplas fontes de evidências**.

As múltiplas fontes de evidências foram utilizadas, também, para reduzir o risco associado a utilização de uma só fonte de recolha de informação (Denzin *apud* Santos, 2018) combinando:

- Fontes primárias: na análise do Estado da Arte foram utilizadas dez fontes primárias extraídas da plataforma *Science Direct* e de Revistas encontradas na revisão bibliográfica;
- Inquérito: realizado através do Formulários *Google* com seis empresas a fim de identificar o nível de maturidade da Indústria 4.0 em seus ambientes, sua motivação e seus objetivos com a implementação de seus conceitos;
- Visita e entrevista: realizada através de visita a duas empresas, uma para entender seus processos de implementação da Indústria 4.0 e a outra para conhecer a perspectiva de uma empresa que auxilia as outras a se transformarem;
- Entrevista Semiestruturada: realizada com mais duas empresas para perceber como ocorreu a implementação da Indústria 4.0 em seus ambientes.

Todas as empresas são localizadas em Portugal apesar de serem multinacionais de referência em seus mercados, sendo elas: Grupo PSA – Mangualde; SRAMPOR; Revigrés; Sonae Arauco; Bosch Car Multimedia; Renault Cacia; Siemens S.A.

1.4. Estrutura do trabalho

A organização desta dissertação se deu através da divisão em seis capítulos e seus respectivos subtópicos. A distribuição encontra-se da seguinte forma:

Capítulo 1: Representa a introdução, trazendo um enquadramento ao estudo que se vai desenvolver, a justificativa do tema e seus objetivos, a metodologia seguida e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: É abordado o conceito de Indústria 4.0, seus princípios, pilares e método para aferição de maturidade.

Capítulo 3: Análise do Estado da Arte, identificando os processos de implementação, resultados e desafios encontrados.

Capítulo 4: Análise do Inquérito realizado sobre a nível de maturidade das empresas, bem como a análise das entrevistas e visitas realizadas, de forma a descrever e caracterizar os processos destas empresas para que fosse criada a estratégia do modelo de implementação da Indústria 4.0.

Capítulo 5: Apresentação do modelo conceitual para implementação da Indústria 4.0 e caracterização dos processos sugeridos.

Capítulo 6: Conclusão, considerações e sugestões para pesquisas futuras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os desafios que a indústria vem enfrentando estão relacionados a inovação de seus processos na busca da melhoria contínua para entregar valor ao cliente. Desde 2012 ouve-se falar da Indústria 4.0 como solução para toda a cadeia de valor. Através dessa abordagem serão verificados seus conceitos, princípios, pilares e métodos de avaliação de maturidade, que darão sustentação para identificar os métodos, ferramentas e processos de implementação da Indústria 4.0.

2.1. A Indústria 4.0

Desde o século XVIII, a ciência vem passando por um processo constante de evolução, sendo este processo um dos fatores principais para o surgimento de novas tecnologias, que acabam por transformar de forma rápida a vida do homem e o modo de produzir bens de consumo (Boettcher, 2015). O setor industrial foi o mais beneficiado por esses processos, o que gerou a aceleração do desenvolvimento capitalista e o consequente auxílio no desenvolvimento dos países, visto que esse setor é de extrema importância para o desenvolvimento econômico, social e político dos mesmos.

A primeira Revolução Industrial foi marcada pela transição do trabalho manual para máquinas alimentadas a vapor, através da descoberta da utilidade do carvão como fonte de energia, modificando o processo de produção. Para além disso, o vapor era utilizado nas locomotivas, revolucionando, também, o transporte de matéria-prima, das pessoas e dos próprios bens de consumo (Boettcher, 2015).

No início do século XX, a eletricidade foi introduzida aos sistemas de produção e os processos produtivos existentes até em então passaram a ser trocados pela produção em massa. Agregados a isso, a divisão do trabalho e a chegada do telégrafo transformam-se em fatores determinantes para o início da Segunda Revolução Industrial (Santos et al., 2018).

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico-Científica e Informacional, vai desde a década de 1970 até os dias atuais. Esta revolução é caracterizada pelo processo de inovação tecnológica, do uso da eletrônica e da tecnologia da informação (TI) para aprimorar a automação na produção (Bitkom, 2016).

A tecnologia vem avançando em passos largos, sendo que hoje em dia pode-se dizer que tudo se conecta: pessoas, dispositivos e sistemas de informação. As mudanças dessa nova era podem ser notadas através da crescente automatização dos processos, da troca de dados em tempo real e da tomada de decisão através de sistemas inteligentes (Boettcher, 2015). Há quem diga que a Indústria 4.0 é coisa do futuro, contudo, a Quarta Revolução Industrial é inevitável e já chegou com a promessa de que até 2030 as empresas viverão num ecossistema digital.

2.2. Conceitos e definições da Indústria 4.0

Com a necessidade da ligação do real com o digital, a Indústria 4.0 surge com novas estratégias de inovação onde adapta as tecnologias da internet, sua conectividade e a geração e gestão de dados à produção, de forma a que exista comunicação entre os sistemas, as máquinas, os produtos, os operadores e todas as áreas da empresa, tudo isso graças à *Cloud*. Para Américo Azevedo, professor da Universidade do Porto, esta conversação industrial reúne automação, Internet das Coisas e inteligência artificial, onde a concepção do produto passa a ser feito com técnicas de simulação da produção de forma que se evitem ineficiências e desperdícios (PWC, 2016).

Muitos autores defendem, dentro de seus conceitos e definições da Indústria 4.0, as inovações tecnológicas nos campos de automação, controle de dados e tecnologia da informação, bem como remetem a comunicação e descentralização dos sistemas e processos, que nos últimos anos havia sido defendido pela criação de uma gestão centralizadora. Na Tabela 2.1. pode-se encontrar alguns destes conceitos e definições e seus respectivos autores.

Tabela 2.1. Conceitos e definições da Indústria 4.0

AUTOR	DEFINIÇÃO
Schumacher, Erol, & Sihm, 2016	A Indústria 4.0 é caracterizada pelos recentes avanços tecnológicos, onde a internet e as tecnologias de suporte, possibilitam a integração de objetos físicos, agentes humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos, além das fronteiras das organizações, para formar uma nova forma de cadeia de valor, inteligente, integrada e ágil.

<p>Schuh, Anderl, Gausemeier, ten Hompel, & Wahlster, 2017</p>	<p>A quarta revolução industrial precisa ser entendida como algo que vai além da digitalização da produção e da automação de processos, mas como algo que tem potencial para revolucionar a maneira como os negócios funcionam. Ela tem potencial de afetar a forma como os produtos e serviços são idealizados e projetados, como são fabricados, como são vendidos, e em última forma como eles concorrem entre si.</p>
<p>Schuh et al., 2017</p>	<p>A Indústria 4.0 é uma comunicação multilateral, em tempo real, com alto volume de dados, e com interconexão entre sistemas <i>cyber</i>-físicos e as pessoas. O principal potencial econômico da Indústria 4.0 reside na sua habilidade para acelerar os processos de adaptação e de tomada de decisão. Isso se aplica tanto para o processo de aumento de eficiência na Engenharia, na manufatura, nos serviços e nas vendas, quanto para o foco nas mudanças do modelo de negócio como um todo.</p>
<p>Wang, Wan, Li, & Zhang, 2016</p>	<p>A Indústria 4.0 incorpora avanços técnicos emergentes para melhorar o desempenho industrial, e para lidar com os desafios globais. O conceito de Indústria 4.0 é visto como uma estratégia importante para organizações se manterem competitivas no futuro, e inclui o projeto e a implementação de produtos e serviços competitivos, assim como a gestão eficaz dos sistemas de produção e logística.</p>
<p>Xu, He, & Li, 2014</p>	<p>A Indústria 4.0 é uma terminologia que faz referência ao termo “Internet das Coisas” (IoT), voltada para aplicações industriais. A IoT pode ser entendida como uma infraestrutura global de comunicação com capacidades autoconfiguráveis, baseadas na padronização e interoperabilidade de protocolos de comunicação, onde “coisas” físicas e virtuais possuem identificação, atributos e usam interfaces inteligentes, estando integradas na rede de comunicação.</p>
<p>Stock & Seliger, 2016; S. Wang et al., 2016</p>	<p>A Indústria 4.0 é descrita como a produção orientada por sistemas <i>cyber</i>-físicos que integram recursos de produção, sistemas de armazenamento, logística, além de necessidades produção, sistemas sociais, de para estabelecer cadeias globais de criação de valor.</p>
<p>Kusiak, 2017</p>	<p>A manufatura inteligente integra os ativos da manufatura com sensores, sistemas de computação, tecnologias de comunicação, modelagem de dados, controle, simulação e sistemas preditivos. Ela utiliza os conceitos de sistemas <i>cyber</i>-físicos, a Internet das Coisas, computação em nuvem, computação orientada a serviços, inteligência artificial, e ciência de dados. Uma vez implementados, esses conceitos e tecnologias de transição farão a manufatura a marca da nova revolução industrial. O autor define os seis pilares para a consolidação da manufatura inteligente: tecnologias e processos de manufatura, materiais, dados, engenharia preditiva, sustentabilidade, e compartilhamento de recursos e redes de comunicação.</p>

<p>Wang et al., 2016</p>	<p>A Indústria 4.0 tem como finalidade mudar a indústria tradicional para um sistema de manufatura configurável, e implementar a fábrica inteligente. Isso é essencial para suportar a produção de lotes pequenos e atender à demanda customizada dos consumidores.</p>
<p>Albers, Gladysz, Pinner, Butenko, & Stürmlinger, 2016</p>	<p>Denota uma produção inteligente, conectada e descentralizada. O aspecto principal é a comunicação contínua entre os humanos, as máquinas e produtos durante todo o processo produtivo, possibilitando por sistemas <i>cyber</i>-físicos. O objetivo geral é aumentar a eficiência de custo e tempo, e melhorar a qualidade dos produtos, o que requer um atendimento ampliado das tecnologias que possibilitam esses ganhos, assim como os métodos e ferramentas para obtê-los.</p>
<p>Ângela Merkel, chanceler alemã, 2015</p>	<p>“A transformação completa de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da internet com a indústria convencional”</p>

Fonte: Adaptado de Santos, 2018.

Apesar do termo “estratégia” ter sido citado apenas uma vez nos conceitos e definições, ele é a chave da Indústria 4.0. Isso porque essa revolução industrial consiste num conjunto de transformações para atingir o melhor desempenho da empresa e essas estratégias surgem através de capacidades, ferramentas e processos a serem implementados.

2.3. Princípios da Indústria 4.0

Através do estudo das definições da Quarta Revolução industrial, foi possível identificar os seis princípios necessários para que ocorra o desenvolvimento e implantação da Indústria 4.0 em processos de manufatura, acreditando que as fábricas serão gerenciadas por sistemas *cyber*-físicos no futuro (Faustino, 2016; Pereira, 2017). Estes princípios são os grandes impulsionadores e sustentam os nove pilares da indústria 4.0, sendo eles:

Capacidade de operação em tempo real: A soma de Internet das Coisas, uso dos dados empresariais e de um sistema de gestão eficiente faz com que os gestores possam efetivamente acompanhar o processo online e abre a possibilidade de fazer ajustes com a tomada de decisões de reflexo imediato.

Virtualização: Prevê a instalação de sensores em todos os processos das fábricas, propondo que as informações sejam rastreadas, monitoradas e compiladas para que seja possível acompanhar e controlar remotamente as operações. É necessário investir em

uma equipe capacitada de modo que os dados extraídos se tornem um diferencial para o processo produtivo empresarial.

Descentralização: A tomada de decisões poderá ser feita pelo sistema *cyber-físico* de acordo com as necessidades da produção em tempo real. Além disso, as máquinas não apenas receberão comandos, mas poderão fornecer informações sobre seu ciclo de trabalho, custos, capacidade utilizada, ociosidade, entre outros aspectos.

Orientação a serviços: Trata-se de um conceito para arquitetura de *softwares*, que visa que as aplicações usadas sejam disponibilizadas como uma espécie de serviço. As vantagens estão em padronizar métodos e processos específicos, fazendo com que as práticas implementadas pela empresa sejam seguidas.

Modularidade: A produção é realizada de acordo com a demanda, seus módulos podem ser acoplados e desacoplados, oferecendo flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas. Dessa forma, pode-se criar mercados, não deixando de vender o produto completo, mas apenas uma parte dele, bem como apostar na personalização.

Interoperabilidade: Capacidade de comunicação constante entre os responsáveis pela produção e as máquinas usadas no processo, a partir de qualquer dispositivo e de qualquer lugar, graças à Internet das Coisas e um sistema de gestão que possa ser configurado para enviar alertas aos gestores a partir de padrões específicos.

2.4. Pilares da Indústria 4.0

O foco da Indústria 4.0 é a melhoria contínua, eficiência, segurança, produtividade e retorno do investimento. Para que os objetivos sejam alcançados surgem, então, os nove pilares, oferecendo o desenvolvimento de ferramentas, máquinas e tecnologias de informação. Os pilares trabalham para que toda a cadeia de produção esteja conectada (Coelho, 2016; Ribeiro, 2017; ESSS, 2017; Silva, 2018), sendo eles:

Big data & Analytics: Equivalente a gestão de grandes quantidades de dados. Foi criada recentemente e permite otimizar a qualidade da produção, economizar energia e melhorar o equipamento. Para suportar a tomada de decisão em tempo real é necessário a recolha, análise, validação e armazenamento dos dados das diversas fontes como equipamentos, sistemas de gestão de clientes, máquinas e outros. O *Big data & Analytics* tem como papel fundamental verificar os números e as estatísticas de uma indústria, sendo

os ganhos identificados a otimização e qualidade dos produtos a nível energético e maior performance de otimização dos processos industriais (Silva, 2018).

Robôs autônomos: Embora robôs já façam parte do contexto industrial há algum tempo, a evolução permitiu que começassem a trabalhar sem supervisão humana, sendo capazes de desenvolver e coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção, bem como de trabalhar lado a lado com os seres humanos com segurança (Silva, 2018).

Simulação: Através da simulação se torna possível que os produtos e processos sejam testados ainda em estágios de desenvolvimento e criação. Essas simulações reproduzem o mundo real através de um modelo virtual, podendo ser testada e aperfeiçoada a cadeia de produção antes de sua aplicação, reduzindo o custo com falhas e tempo de projeto (Comstor, 2018).

Sistemas de integração horizontal e vertical: O processo horizontal é a conexão entre a empresa e toda a cadeia de valor externa. Esse sistema inicia-se após o relacionamento com os fornecedores e termina no cliente, envolvendo e conectando o desenvolvimento de produtos, a produção, a logística e a distribuição, com o objetivo de entregar um produto ou serviço de elevado valor. O processo vertical envolve e conecta os variados setores hierárquicos dentro da empresa, como: o chão de fábrica, através de sensores; o nível de controle, através de máquinas e sistemas; o nível de produção, envolvendo o monitoramento, controle e supervisão; o nível operacional, que compreende o planejamento, a gestão da qualidade e da eficiência dos equipamentos; e o nível de planejamento corporativo, composto pelo planejamento e gerenciamento dos processos administrativos do negócio (Transformação Digital, 2018). Dessa forma, ao integrar os dois sistemas, a empresa estará em um novo patamar, onde os setores trocarão informações e tomarão decisões de forma mais rápida e eficiente, aumentando a produtividade, elevando a qualidade e diminuindo as perdas e os erros.

Internet das Coisas (IoT) Industrial: No contexto da Indústria 4.0 todas as coisas são inteligentes e estão conectadas à internet, sendo esses sistemas denominados de *cyber-físicos*. Essa ligação em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas através de dispositivos eletrônicos permite a recolha e troca de dados entre diversos dispositivos, flexibilizando o acesso e controle em todo o processo produtivo (Ribeiro, 2017; OPENCADD, 2018).

Segurança Cibernética (*Cyber Security*): Com a evolução da conectividade na cadeia de produção surge a necessidade de prevenir as ameaças sobre os sistemas, manter a segurança e garantir a responsabilidade com ética do processo produtivo (Vitalli, 2018).

Computação em Nuvem (*Cloud Computing*): A computação em nuvem aumenta a capacidade, a velocidade de processamento, além de oferecer acesso ao banco de dados e suporte de qualquer local do planeta, permitindo a integração dos sistemas, mesmo que distantes fisicamente (Vitalli, 2018; Silva, 2018).

Manufatura aditiva: Também conhecida como Impressão 3D, a fabricação aditiva permite a produção de protótipos físicos e peças únicas, bem como produção de pequenos lotes de peças customizadas oferecendo vantagens de construção, flexibilidade e capacidade de impressão de desenhos complexos (Vitalli, 2018; Silva, 2018).

Realidade aumentada: A Indústria 4.0 acredita no potencial da realidade aumentada para a geração e a prestação de serviços permitindo interações entre o mundo real e virtual. Através dos sistemas *cyber*-físicos será possível fornecer aos trabalhadores informações em tempo real, melhorando a tomada de decisões, os procedimentos de trabalho, a utilização de recursos, a economia de energia, por fim, tornando-se um sistema mais sustentável (Silva, 2018; Vitalli, 2018).

Por fim, além de ser preciso saber inovar e se adaptar, é necessário que as empresas operem com tranquila eficiência para que os processos sejam executados e conduzidos sem problemas. Aquelas empresas que realizarem uma transformação responsável, com relações equilibradas entre homem-máquina, e utilizarem a tecnologia para o bem-estar e qualidade de vida, serão beneficiadas dessa grande revolução.

Contudo, as definições, os processos e as ferramentas são variadas em suas aplicações, pois cada empresa, cada setor, cada chão de fábrica é único e, dessa forma, possui suas particularidades. Sendo assim, se faz necessário um padrão a fim de nivelar a evolução destas empresas e entender quais possuem *know how* em determinadas áreas.

2.5. Maturidade na Indústria 4.0

Sabe-se que o objetivo de desenvolver a Indústria 4.0 dentro de uma organização é atingir um alto nível de eficiência operacional, produtividade e automação. Porém, para identificar esses parâmetros, é preciso encontrar na literatura um método ou modelo que auxilie na identificação do nível de maturidade das empresas.

Segundo Santos (2018), “um modelo de maturidade pode ser definido como uma estrutura conceitual, constituído por partes que definem a maturidade, ou o estado de desenvolvimento, de determinada área de interesse (...)” sendo utilizado para medir o nível de maturidade de um processo ou empresa através da quantificação de atividades realizadas e tornando-as mensuráveis e maduras ao longo do tempo.

Apesar de poucas as propostas encontradas na literatura, foi possível identificar alguns modelos de maturidade da Indústria 4.0 para apoiar o desenvolvimento de um sistema que contemple as melhores práticas relevantes ao estudo a ser apresentado.

Schumacher & Sihm (2016) se basearam nas recomendações do relatório final da *Platform Industrie 4.0* e em documentos científicos para desenvolverem um modelo de avaliação de maturidade definindo 9 dimensões com 62 itens foram atribuídos.

Cada item considerado é avaliado de acordo com cinco níveis de maturidade, sendo o nível 1 o nível mais baixo, representando a completa falta de atributos que sustenta os conceitos da Indústria 4.0, e o nível 5, sendo o nível mais alto, representando o estado da arte. A avaliação é feita mediante três etapas:

1. Medição dos itens de maturidade nas empresas através de questionários.
2. Cálculo do nível de maturidade em cada uma das nove dimensões com apoio de um *software*.
3. Representação visual do nível de maturidade.

Schumacher & Sihm (2016) ainda ressalta que o entrevistado deve possuir um bom conhecimento acerca dos conceitos da Indústria 4.0 e que para calcular o nível de maturidade de cada dimensão deverão ser feitas médias ponderadas dos resultados obtidos em cada item. Além disso, para determinar o nível de maturidade global da empresa, devem ser feitas médias ponderadas dos níveis de maturidade de cada dimensão multiplicados pelo fator de ponderação de cada dimensão. A Tabela 2.2. ilustra as nove dimensões propostas e seus itens correspondentes.

Tabela 2.2. Itens de avaliação de maturidade propostos por Schumacher et al. (2016)

DIMENSÕES	ITENS DE AVALIAÇÃO DE MATURIDADE
Estratégia	Mapa estratégico para implementação da Indústria 4.0
	Disponibilidade de recursos para realização das ações
	Adaptação do modelo de negócios existente para a Indústria 4.0
	Compatibilidade da Indústria 4.0 com a estratégia corporativa
	Comunicação e documentação das atividades da Indústria 4.0
	Existência de estratégia para a transformação digital
Liderança	Preparação das lideranças
	Competências e métodos de gestão
	Existência de coordenação central para a Indústria 4.0
Clientes	Utilização de dados sobre os clientes
	Digitalização das vendas e dos serviços
	Organização digital de informações de clientes
Produtos	Individualização de produtos
	Digitalização de produtos
	Integração dos produtos em outros sistemas
	Flexibilidade das características dos produtos
Operações	Descentralização de processos
	Modelagem e simulação
	Interdisciplinaridade
	Colaboração interdepartamental
Cultura	Compartilhamento do conhecimento
	Abertura a inovação e colaboração entre empresas
	Valor das tecnologias de informação e comunicação na empresa
Pessoas	Competências dos empregados em tecnologias de informação e comunicação
	Abertura dos empregados para novas tecnologias
	Autonomia dos empregados
Governança	Regras trabalhistas para a Indústria 4.0
	Proteção de propriedade intelectual
	Adequabilidade de padrões tecnológicos
Tecnologia	Existências de modernas tecnologias de informação e comunicação
	Utilização de dispositivos móveis
	Utilização de comunicação máquina-máquina (M2M)

Fonte: Adaptado de Santos, 2018.

No estudo de Lichtblau, et al. (2015), os autores propõem a realização de um esboço de como a Indústria 4.0 está inserida no setor de engenharia alemão. Para tal, é desenvolvido um estudo para medir, através de parâmetros criados por uma pesquisa na empresa, onde está a Indústria 4.0 na organização e assim perceber quais as condições criadas para sua implementação bem-sucedida. Além disso, traz as definições da Indústria

4.0, simplificando-a em quatro conceitos: fábricas inteligentes; produtos inteligentes; operações inteligentes; e serviços com base no uso de dados.

O modelo de avaliação da maturidade sugerido é composto por seis dimensões e contemplam dezoito áreas de interesse distribuídas nessas dimensões, conforme a Tabela 2.3., sendo esses os fundamentos do estudo. Há diversas áreas que envolvem estratégia e gestão, pois os autores acreditam que a implementação da Indústria 4.0 é uma questão estratégica (Lichtblau, et al., 2015).

Tabela 2.3. Capacidades de transformação propostas por Lichtblau et al. (2015)

DIMENSÕES	CAPACIDADES DE TRANSFORMAÇÃO
Estratégia e organização	Gestão estratégica para operacionalização da Indústria 4.0
	Investimentos nas tecnologias da Indústria 4.0
	Gestão da inovação e uso de tecnologia
Fábricas inteligentes	Modelagem digital
	Infraestrutura de equipamentos
	Uso de dados
	Sistemas de Informação
Operações inteligentes	Uso da nuvem
	Segurança das tecnologias de informação
	Processos autônomos
	Partilha de informações
Produtos inteligentes	<i>Softwares</i> integrados nos produtos
	Análise de dados durante a fase de utilização do produto
Serviços com base no uso de dados.	Disponibilidade de serviços baseados em dados coletados
	Proporção de receitas derivadas de serviços baseados em dados coletados
	Proporção de dados utilizados na fase de uso do produto
Força de trabalho	Aquisição de habilidades
	Habilidades existentes da força de trabalho

Fonte: Adaptado de Santos, 2018.

As dimensões propostas por Lichtblau, et al. (2015) auxiliam a avaliação da preparação da empresa para Indústria 4.0 utilizando um modelo representativo de seis níveis de maturidade:

- *Outsider*: representa o nível 0, sendo considerado fora da Indústria 4.0.
- *Beginner*: representa o nível 1, onde a empresa está em fase inicial de desenvolvimento.

- *Intermediate*: representa o nível 2, onde a empresa apresenta estratégia de implantação da Indústria 4.0 e desenvolve alguns processos, ferramentas e tecnologias.
- *Experienced*: representa o nível 3, onde a estratégia de implantação da Indústria 4.0 está bem definida, há investimentos em diversas áreas, apresenta um setor de gestão de inovação e políticas para inclusão dos colaboradores nessa nova fase.
- *Expert*: representa o nível 4, onde a estratégia é monitorada, os investimentos acontecem em todas as áreas e a gestão da inovação oferece apoio em todos os processos.
- *Top Performer*: representa o nível 5, onde os investimentos suportam toda a estratégia de implantação da Indústria 4.0, com soluções avançadas oferecendo apoio a todos os processos da produção.

Na proposta de Lichtblau, et al. (2015), as dimensões auxiliam na representatividade do grau de maturidade e, também, permitem a classificação das empresas em *Leaders*, englobando as empresas que alcançaram resultados satisfatórios; *Learners*, englobando as empresas que já iniciaram a implementação, mas ainda estão aprendendo os processos, ferramentas e tecnologias; e *Newcomers*, sendo essas as empresas que ainda estão iniciando a implementação. A Figura 2.2. traz a associação entre os níveis de maturidade e a classificação das empresas.

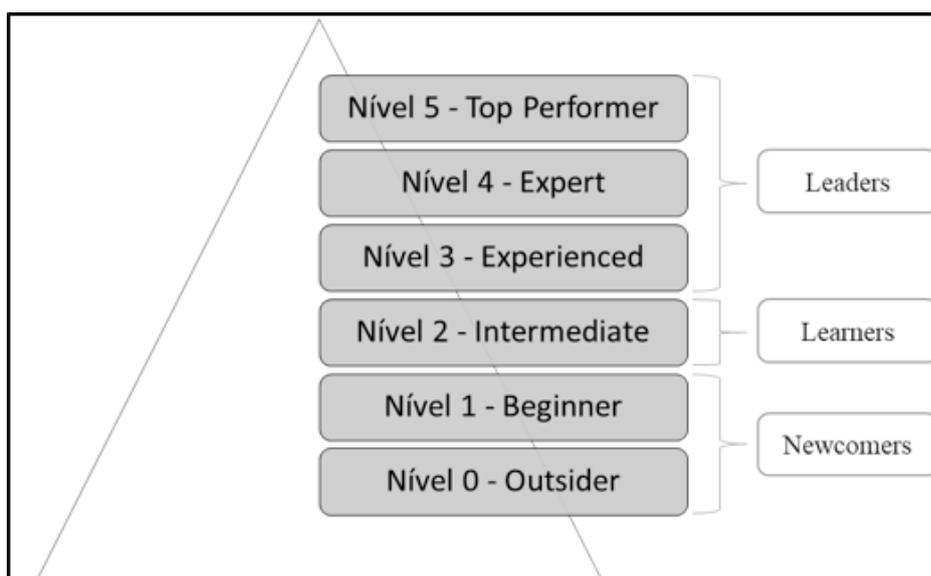


Figura 2.1. Níveis de maturidade e classificações
Fonte: Adaptado de Lichtblau, et al. (2015).

O modelo proposto por Lichtblau, et al. (2015) consiste em um inquérito online onde as empresas podem fazer sua autoavaliação quanto à preparação e implantação da Indústria 4.0, permitindo uma comparação com outras empresas do mesmo segmento. Essa autoavaliação consiste em questões distribuídas pelas seis dimensões, que buscam compreender o grau de entendimento e ações implementadas pela empresa e que permitem a definição da classificação da mesma quanto ao seu grau de maturidade (Santos, 2018).

Para encontrar o nível de maturidade de cada empresa, a definição dos fatores de ponderação para as dimensões foi feita com base em um estudo realizado através de questionamentos a respeito da importância relativa que cada dimensão tinha para as empresas. O modelo proposto determinou fatores de ponderação para as dimensões, de forma que a determinação do nível de maturidade de cada empresa fosse realizada por uma média ponderada dos níveis de maturidade de cada dimensão (Lichtblau, et al.,2015).

Ambos os estudos, Lichtblau, et al. (2015) e Schumacher & Sihn (2016) desmembram as dimensões e seus componentes, facilitando o entendimento. Contudo o modelo de Schumacher & Sihn (2016) é conciso e não apresenta uma descrição dos níveis de maturidade, o que não permite uma avaliação holística do modelo e a repetição do projeto. Enquanto isso, o modelo de Lichtblau, et al. (2015) apresenta-se mais completo e descritivo, relatando a aplicação do modelo em diversas empresas, podendo ser replicado, adaptado e/ou melhorado, conforme necessidade.

O caminho rumo a Indústria 4.0 é muito mais do que adotar novas tecnologias, novas ferramentas e se conectar, nele está incluído também a qualificação de profissionais aptos as transformações e que acompanhem os processos de implementação.

Os processos de implementação, por sua vez, se darão durante o estudo do Estado da Arte, visto que, não há uma metodologia definida para tal, sendo assim serão analisados alguns estudos de caso de outros autores. Além disso será relatado também os benefícios e as dificuldades de algumas empresas com a implementação da Indústria 4.0.

3. ESTADO DA ARTE DA INDÚSTRIA 4.0

Para dar continuidade a este projeto surgiu a necessidade de explorar o Estado da Arte da Indústria 4.0, sendo necessário para tal, pesquisar, investigar e analisar de forma crítica e reflexiva os trabalhos realizados por outros autores e aquilo que já foi descoberto sobre o tema através desses estudos, fazendo jus aos mesmos através de suas referências.

Os trabalhos aqui explorados englobaram um grupo de diferentes autores que abordam diferentes empresas de manufatura, e que permitiram ao presente projeto um melhor entendimento dos **processos de implementação** da Indústria 4.0; dos **benefícios obtidos** através da sua implementação; e das **problemáticas** encontradas nesses estudos. Essa investigação também visa auxiliar na melhoria e no desenvolvimento de novos conceitos, metodologias e ferramentas relacionados ao assunto.

No entanto, primeiramente, utilizou-se a plataforma *Science Direct* a fim de realizar uma análise bibliométrica para entender quantitativamente e estaticamente os índices de produção e disseminação do conhecimento acerca da implementação da Indústria 4.0. A escolha da *Science Direct* se deu pela plataforma ser operada pela *Elsevier*, uma empresa global de informações analíticas que contribui com instituições e profissionais para o progresso da ciência, sendo uma das seis empresas que domina a publicação científica no mundo inteiro (Wikipédia, 2019).

A pesquisa realizada na *Science Direct* foi através de duas *Keywords* juntas: "*Industry 4.0*" e "*Implementation*", gerando 2.836 resultados. Contudo foi logo percebido que haviam citações desde 2005, o que era impossível visto que o termo "*Industry 4.0*" foi utilizado pela primeira vez em 2012. Sendo assim, foi solicitada uma pesquisa avançada onde os dois termos deveriam aparecer juntos no título, no resumo ou nas palavras-chaves específicas do autor, assim sendo encontrados posteriormente 227 resultados

No entanto, é possível perceber que as publicações começaram a surgir a partir de 2014, conforme a Figura 3.1., demonstrando dessa forma que, por ser um assunto relativamente novo, ainda apresenta poucos documentos publicados.

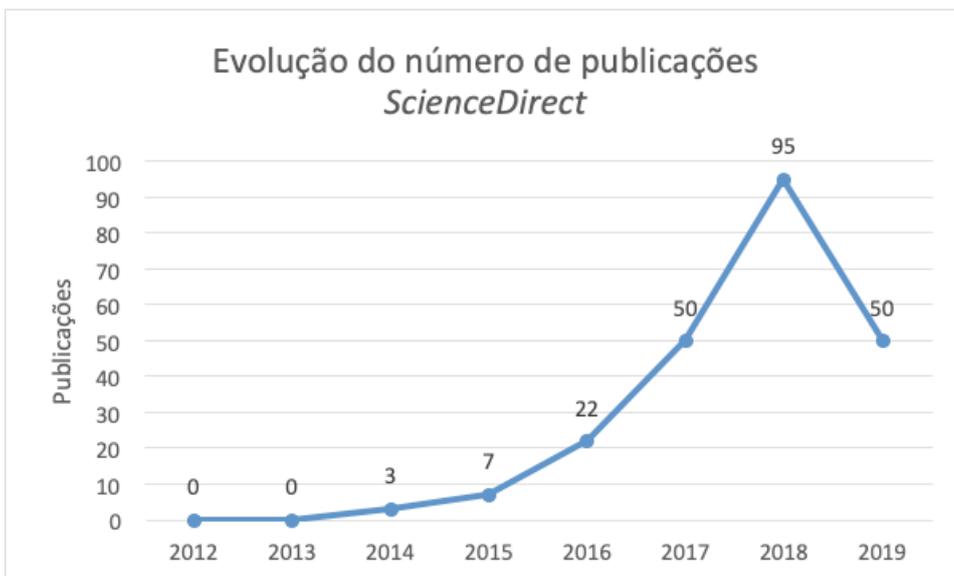


Figura 3.1. Evolução do número de publicações
Fonte: ScienceDirect, 2019

Em relação ao Título das Publicações, através da Figura 3.2. é possível perceber que a palavra *Manufacturing* aparece em 44% dos títulos enquanto *Computer* aparece em cerca de 22%. Esse fato se dá pelo fato da Indústria 4.0 estar concentrada no setor da manufatura e muito associada a estratégia de digitalização.

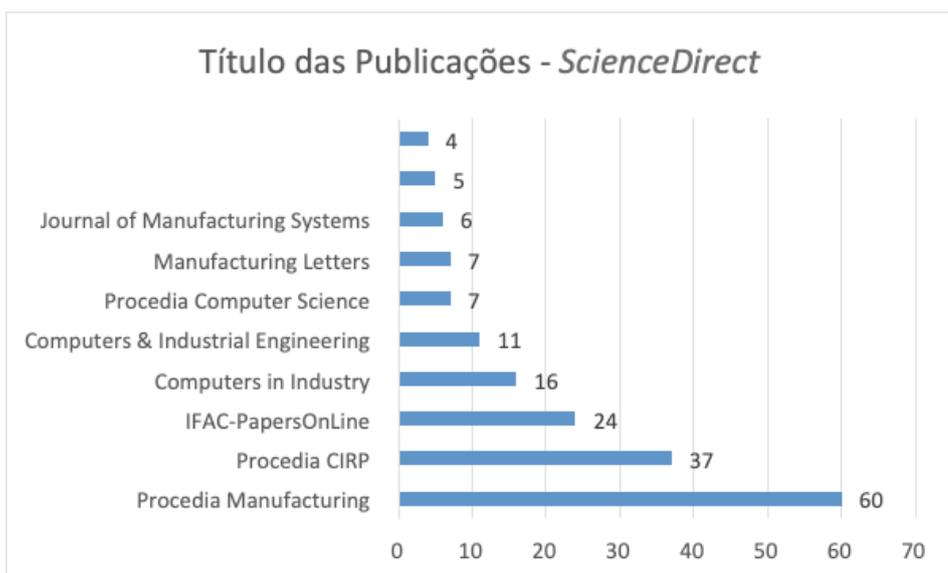


Figura 3.2. Título das publicações
Fonte: ScienceDirect, 2019

Quanto aos tipos de documentos existentes, podemos encontrar, ainda dentro da plataforma, Artigos Científicos, Revisões, Capítulos de Livros e outros materiais, conforme a Figura 3.3. Os Artigos de Pesquisa representam a grande maioria do material bibliográfico, totalizando mais de 200 documentos, enquanto os Capítulos de livros e Enciclopédia juntos somam, apenas, cinco referências.

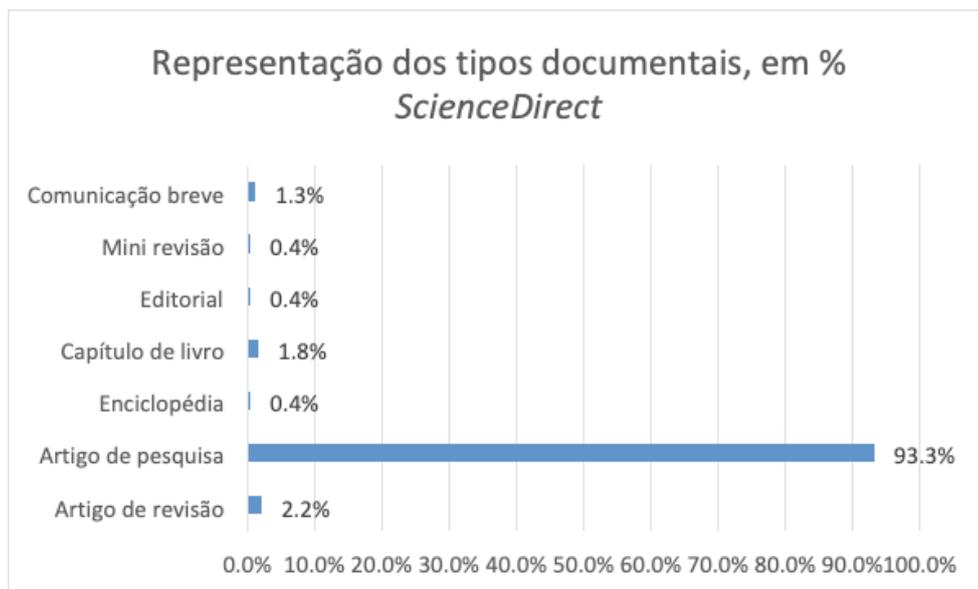


Figura 3.3. Representação dos tipos documentais em %
Fonte: ScienceDirect, 2019

Para a seleção dos documentos, foi realizada uma (i) análise dos títulos de forma subjetiva buscando que o artigo em questão fosse, de fato, uma análise de implementação da Indústria 4.0, e não somente um estudo de caso; e uma (ii) análise dos resumos, a fim de se ter a certeza que ele seria um bom contributo para este capítulo da Dissertação. O número de escolhas foi pequeno frente a amostra, visto que poucos os casos eram, de fato, sobre a implementação da Indústria 4.0.

Além disso, durante a revisão bibliográfica, já haviam sido encontrados três documentos publicados em revistas que tratavam sobre os impactos da implementação da Indústria 4.0 e que foram julgados como bons contributos para o estudo do estado da arte. Sendo assim, foram selecionados os dez documentos que são listados na Tabela 3.1., que trazem, sobretudo, os processos de implementação, seus impactos e as dificuldades que as empresas encontram ao assumirem o conceito da Indústria 4.0 dentro de seus ambientes, sendo esse o sentido principal que se dará a continuidade desta investigação.

Tabela 3.1. Documentos selecionados para Estado da Arte

TÍTULO	AUTOR / EDITORA /EMPRESA	ANO DE PUBLICAÇÃO	FONTE DE PESQUISA
O Conceito da Indústria 4.0 na Confeção: Análise e Implementação	Ribeiro, J. M	2017	Science Direct
Gestão Avançada como fundamento para Implantação de conceitos da Indústria 4.0.	Coelho, J. M., Katayama, M. T., & Seguchi, H. M.	2017	Science Direct
Entenda o que está por vir e quais serão os impactos para empresas e profissionais	Collabo	2016	Outras fontes
4 passos indispensáveis num plano de implantação da indústria 4.0	TOTVS	2018	Outras fontes
5 desafios da implantação da indústria 4.0: como superá-lo	TOTVS	2018	Outras fontes
Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies.	Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F.	2019	Science Direct
O setor do calçado em Portugal e a sua transformação à luz da indústria 4.0: um estudo de caso múltiplo.	Santos, F. M.	2018	Science Direct
Analysis of Implementation of an Automated Process in a Footwear Company: A Case Study by the optic of the Hyundai Production System and Industry 4.0,	SCHRÖDER, R., NUNES, F., VIERO, C., & MENEZES, F.	2015	Science Direct
A Indústria 4.0 E o Processo de Digitização: Estado da Arte	Souza, L., Nascimento, K., Silva, C., & Martino Neto, J.	2018	Science Direct
Industry 4.0 Implementation for Multinationals.	Telukdarie, A., Buhulaiga, E., Bag, S., Gupta, S., & Zongwei, L	2018	Science Direct

3.1. Processos de Implementação da Indústria 4.0

Dada a importância da metodologia processual, diversos autores propõem formas metodológicas de implementação da Indústria 4.0. Esses métodos estão presentes a partir do momento em que se verifica o interesse em introduzir a Indústria 4.0 dentro dos objetos de estudo. Sendo assim, este subcapítulo pretende descrever e analisar diversos casos de autores e empresas distintos que implementaram os conceitos aqui descritos dentro de seus ambientes.

Ribeiro (2017) analisa em seu trabalho uma determinada empresa inserida no setor têxtil que, em colaboração com a “Fluxodata”, empresa com expertise em desenvolvimento de soluções aplicativos para a indústria têxtil, desenvolveu ferramentas necessárias para informatizar todos os processos, ao qual chamaram de “FluxoConf”.

Em seu trabalho, primeiramente, foi realizada uma análise de como a informação era transmitida ao longo da cadeia de valor da empresa, dando início a um estudo para desenvolver ferramentas necessárias para informatizar todos os processos, desde o armazém, recepção dos tecidos e acessórios, até as áreas da produção, acompanhamento e despacho para os clientes (Ribeiro, 2017). Ainda segundo Ribeiro (2017), para integrar o conceito da Indústria 4.0 nesta empresa foram consideradas três características principais:

- **Integração horizontal:** uma rede de valores que interliga a necessidade do consumidor com o equipamento utilizado para a produção do bem foi criada, ou seja, o ciclo de processo que envolve o produto, o consumidor, os operários, os fornecedores e os equipamentos, desde a aquisição da matéria prima, desenvolvimento, produção, entrega ao consumidor, fase final de vida útil e reciclagem, foram inseridos em uma rede virtual para troca de dados ao longo de todo o ciclo, sendo esse fluxo de dados realizado através da *Cloud*. O processo industrial sendo feito com o material incorporado ao um *Cyber-Physical Systems*, que dá autonomia a cada produto para programar a sua produção;

- **Integração vertical:** desenvolvimento de uma maior flexibilidade para reconfigurar das linhas de produção, sendo possível customizar os bens ou produzir poucos itens, através de sistemas de produção em rede;

- **Integração digital:** através da nuvem, que recebe e trata os dados, os criadores e produtores passaram a identificar as necessidades dos consumidores e programar os pedidos de matéria prima.

Ribeiro (2017) acredita que o aproveitamento das tecnologias emergentes vai possibilitar a transformação do setor industrial conduzindo para produções mais flexíveis e personalizadas para o consumidor.

A TOTVS, empresa brasileira líder em desenvolvimento de *software*, possui uma coluna no “A Voz da Indústria”, um canal de conteúdo sobre feiras internacionais de máquinas, equipamentos e automação industrial. Em uma de suas colunas, o consultor Márcio Venturelli ressalta as três diretrizes que um projeto de implementação da Indústria 4.0 deve englobar, que são: permitir novas formas de fazer negócios; eliminar a máximo o desperdício e o erro; e permitir customização e personalização da produção (TOTVS, 2018). Essas premissas, segundo a TOTVS (2018), servem como base para os seus “4 passos indispensáveis num plano de implantação da Indústria 4.0”, sendo eles:

Passo 1: Automação. O primeiro passo é analisar a automação existente e atualizar as máquinas para que se enquadrem na tecnologia atual, além de buscar máquinas que ampliem a conectividade e o nível de coleta de dados.

Passo 2: Coleta de dados. Coletar os dados e integrá-los aos sistemas de gestão de forma segura, mas de fácil acesso. Vale ressaltar que além da coleta, é preciso saber usar esses dados.

Passo 3: Otimização. Através dos dados coletados é preciso avaliar os indicadores de eficiência na linha de produção e traçar estratégias para reduzir perdas. A possibilidade de visualizar os dados em tempo real aumenta a capacidade de produção e reduz os custos operacionais.

Passo 4: Big data e manutenção preditiva. O *Big data* permitindo enxergar a produção e os processos de forma mais apurada, antecipando os problemas e reduzindo os custos. É ideal manter um comparativo entre os indicados e resultados antes e após o processo da Indústria 4.0.

Na pesquisa de Coelho et al. (2017) é “proposta uma metodologia para criação de fundamentos básicos necessários à implementação dos primeiros passos das pequenas e médias empresas rumo aos conceitos da Indústria 4.0” constituída por ações tradicionais de gestão, voltadas a digitalização e ações tecnológicas.

Na metodologia desenvolvida por Coelho et al. (2017), que tem como base a digitalização das informações, o primeiro nível dessa abordagem digital é constituído pelas seguintes atividades:

1. Elaboração do *layout* da empresa em formato digital;
2. Levantamento de informações sobre o processo produtivo, produtos, máquinas, equipamentos, documentação de manutenção e sugestões de melhorias;
3. Elaboração do fluxograma do processo produtivo pelo *software Bizagi*;
4. Utilização da metodologia SIPOC (supplier, input, process, output, customer).

No segundo nível da ação digital ocorre a simulação do processo produtivo através de ferramenta computacional, permitindo a análise em ambiente virtual. Contudo, a simulação só pode ser aplicada após a finalização da etapa inicial.

Enquanto isso, no estudo de Telukdarie et al. (2018), os autores afirmam que para uma empresa ter um poder comercial significativo, além de benefícios estratégicos e operacionais, é necessário permitir a integração de funções como pesquisa, desenvolvimento, otimizações de ativos, planejamento e cadeia de suprimentos. No entanto, realizar essas operações em empresas multinacionais de instalações com localizações independentes não é algo fácil.

Sendo assim, Telukdarie et al. (2018), propuseram um trabalho com o objetivo de criar uma solução ideal de otimização de negócios através da integração via Indústria 4.0, sendo o negócio habilitado a incluir diversas operações de produtos e qualquer mistura de produtos em diferentes sites.

Para dar início ao seu projeto, ficou definido que o modelo genérico proposto deveria ser inclusivo e modular a fim de facilitar uma reconfiguração. O modelo de dados deveria ser dimensionado para navegar pelas variáveis de afinidade, como equipamentos, segurança, meio ambiente, planejamento e controle da produção, financeiro, recursos humanos e outras. O projeto ideal propõe um sistema logístico moderno para o despacho de produtos específicos do local. A suposição é que o processo seja totalmente automatizado com integração de todos os sistemas beneficiando potencialmente a automação de outros processos (Telukdarie et al., 2018).

Os sistemas de ERP (*Enterprise Resource Planning*) são sistemas que integram todos os dados da empresa e seus processos em um único sistema. Neste caso, o sistema proposto é que ele se integre ao sistema de manufatura e de instalações facilitando a comunicação e garantindo o despacho ótimo do produto, evitando ineficiências por meio de imprecisões, atrasos, intervenções de pessoas e potenciais transações fraudulentas. O sistema tem várias medidas preventivas. (Telukdarie et al., 2018).

Os sistemas MES (*Manufacturing Execution System*), por sua vez, são sistemas de execução de manufatura usados na fabricação para rastrear e documentar a transformação de matérias-primas em produtos acabados. O sistema de manutenção geralmente é composto por um componente ERP/MES com instrumentos específicos da planta para monitoramento. No cenário de logística, os dados de manutenção são enviados para o sistema de planejamento e usados para confirmar a capacidade de produção, garantindo o despacho do produto. A integração no sistema de manutenção também pode beneficiar outros processos empresariais, como acionadores automatizados de eventos para manutenção, notificações automáticas para incidentes, relatórios de emissão, alertas de segurança baseados no status do equipamento e vários outros benefícios (Telukdarie et al., 2018).

Os sistemas MES restantes podem ser totalmente integrados por meio de uma única integração aberta ao banco de dados, o que implica acesso total a todos os dados. A camada MES, localizada no meio, torna-se a camada principal de integração e atividade. Os dados permanecem sempre na origem, mas a visibilidade deles é fundamental (Telukdarie et al., 2018).

O desenvolvimento de um conjunto de ferramentas de autoatendimento é imprescindível, permitindo a plataforma de autoatendimento classificar e repostar os dados adequadamente. A plataforma deve incluir os principais componentes de navegação, juntamente com a capacidade de moldar todas as construções anteriores, KPIs (*Key Performance Indicator*), relatórios, cálculos, variáveis secundárias, etc (Telukdarie et al., 2018).

Além disso, a fim de reforçar a teoria, os pesquisadores Telukdarie et al. (2018) embarcaram em um modelo de simulação estendido que serve como prova do impacto de uma empresa integrada, onde simularam os principais cenários: nenhuma automação e integração; automação aleatória e integração; e sistemas totalmente automatizados e

integrados. Um sistema ideal genérico baseado no estudo de Telukdarie et al. (2018) pode ser visualizado na Figura 3.4.

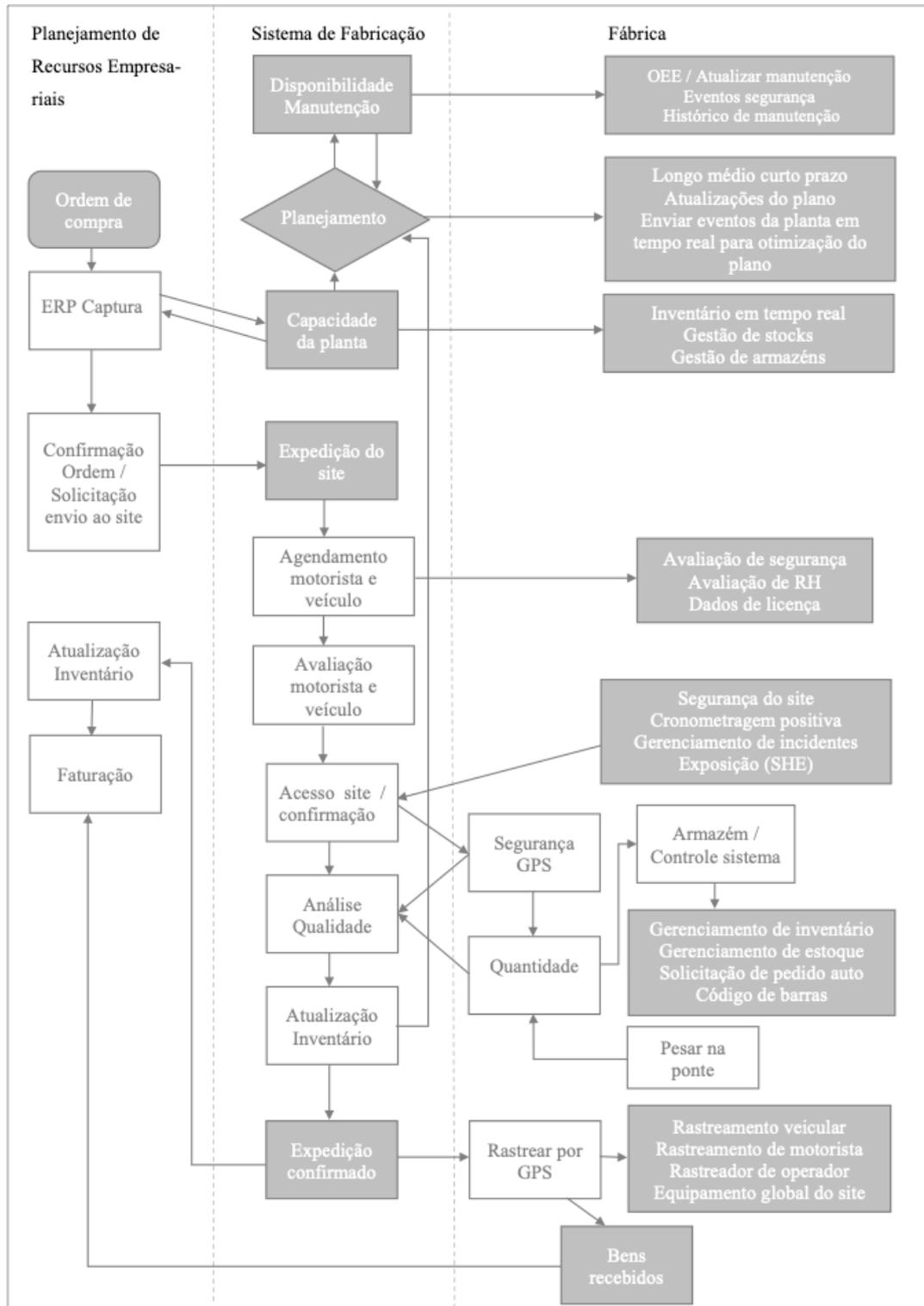


Figura 3.4. Sistema ideal genérico
Fonte: adaptado de Telukdarie et al., 2018

O modelo é construído com base no processo de decomposição e da cadeia de suprimento e pode ser configurado em qualquer lógica para simular o tempo de execução dos processos com base em um conjunto manual de atividades relativo à ativação automatizada de processos de negócios (Telukdarie et al., 2018).

Devido a falta de compreensão de como as empresas implementam a Indústria 4.0, Frank et al. (2019), decidiram entender os padrões de adoção dessas tecnologias em empresas de manufatura propondo uma estrutura conceitual dividida por *Front end*, com quatro dimensões: *Smart Manufacturing*, Produtos Inteligentes, *Smart Supply Chain* e *Smart Working*; e *Base*, com quatro elementos: Internet das Coisas, serviços em nuvem, *Big data* e *Analytics*.

Este estudo de Frank et al. (2019) abordou 92 empresas de manufatura, no qual o primeiro passo da análise de dados foi identificar as empresas com diferentes níveis de maturidade na adoção de tecnologias *Smart Manufacturing*, sendo divididas em três *clusters*, que representam a situação atual das empresas, observando-se assim que:

- O nível de implementação do conceito Indústria 4.0 é dependente do tamanho das empresas;
- As empresas em estágios mais avançados estão liderando todas as tecnologias e não algumas específicas;
- Há maior tendência em agregar soluções tecnológicas do que substituir soluções antigas;
- No *Smart Manufacturing* as linhas flexíveis são a única tecnologia que não foi fortemente adotada em nenhum dos três clusters de maturidade;
- Há uma maior preocupação com a produtividade do que com a flexibilidade;
- É possível que as empresas apenas repliquem um padrão de adoção da Indústria 4.0 provenientes de um contexto focado em economias de escala, ou seja, de produtividade;
- É possível, também, que as empresas acreditem que a flexibilidade está em um nível avançado de implementação da Indústria 4.0, porque necessitam aplicar novas tecnologias, alterar o *layout* e os métodos de produção.

Já no estudo de Santos (2018), o autor realiza uma análise de casos múltiplos no setor de calçado em Portugal. Apesar do autor não se aprofundar no processo de implementação que essas empresas passaram, ele conclui que “A melhoria dos processos de recolha e tratamento da informação sobre os clientes é tida como uma prioridade para estas empresas pois é fundamental para a criação de novos produtos (...), para a fidelização dos clientes e para a definição da estratégia”, sendo o *e-commerce* o maior motivador dessa transição. Essa estratégia tem a ver com o fato do objetivo fulcral da Indústria 4.0 ser a entrega do produto ou serviço de forma mais rápida ao cliente, mesmo que o produto seja personalizado.

Outra estratégia presente em todos os autores é que a implementação da Indústria 4.0 se inicia com uma análise da situação atual da empresa, tanto em relação as tecnologias que a empresa utiliza, como em relação ao *layout* que estão inseridos seus processos, assim como a compilação de todas as informações relevantes para a cadeia de valor.

Depois do estudo da situação atual, novas tecnologias são introduzidas com o objetivo de integrar a empresa nos sentidos vertical, horizontal e digital, fortalecendo a união de todas as áreas e processos que se farão necessários. Logicamente, a implementação não acaba por aí, há sempre a busca pela melhoria contínua através do processo de simulação onde podem ser sugeridas novas tecnologias, novos processos e novas ferramentas. Com base na análise dos estudos de caso do Estado da Arte foi proposta uma sequência de processos, conforme Figura 3.5., para criação do modelo conceitual para implementação da Indústria 4.0.

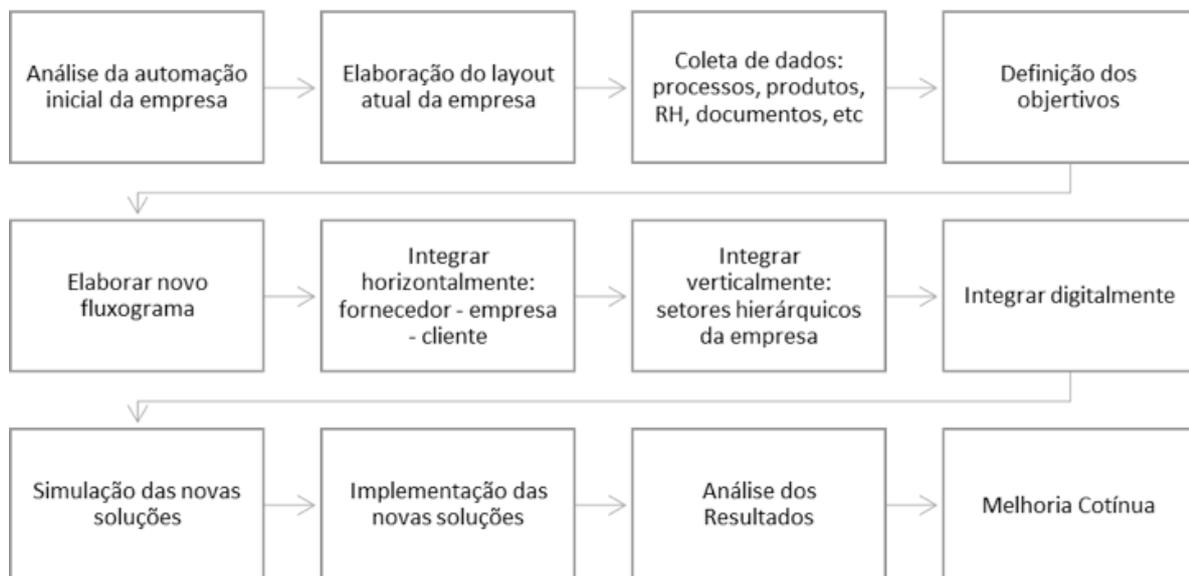


Figura 3.5. Sequência para criação do modelo conceitual

Pretende-se que esta proposta seja validada após o estudo de casos múltiplos contidos neste trabalho e que será explorado no próximo capítulo, podendo, também, essa proposta ser alterada caso sejam identificadas possibilidades de melhorias para o modelo conceitual final.

3.2. Benefícios obtidos com a Indústria 4.0

Conforme a literatura analisada, pode-se ressaltar que a Indústria 4.0 possui enorme potencial para revolucionar o cenário produtivo de todo o mundo através da implementação dos seus conceitos e pilares. Com base no levantamento bibliográfico, foi possível identificar nos estudos de outros autores, quais os benefícios que já puderam ser notados com a evolução da implementação da Indústria 4.0. Dessa forma, será possível ter uma base do que esperar, inicialmente, das empresas do estudo de caso desta Dissertação.

De acordo com Souza et al. (2018) a base de todo benefício proveniente da “digitalização” é a tecnologia que facilita e otimiza diversos processos. Os principais benefícios identificados com a introdução da Indústria 4.0 estão atrelados ao ganho de eficiência dos processos, à otimização dos recursos e diminuição dos desperdícios.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2016), o aumento da eficiência “pode ser alcançado através do monitoramento de todo o processo produtivo, dessa forma, a organização consegue alocar de forma eficiente suas máquinas, identificar problemas rapidamente e reduzir gargalos, otimizar processos, reduzir defeitos nos produtos e até mesmo prevenir e identificar problemas antes que eles ocorram” (*apud* Souza et al., 2018).

Para flexibilização da linha de produção e redução dos custos, pode-se recorrer a sensores nas máquinas, equipamentos, componentes e peças dos produtos, aumentando a eficiência no uso dos recursos, como a energia elétrica e, assim, reduzindo os custos (CNI *apud* Souza et al., 2018). Para além disso, a integração total da cadeia de abastecimento também pode ser obtida por meio da conexão segura e um centro de comando baseado em nuvem, que terá a capacidade de disparar sinais, emitindo dessa forma diversos tipos de alerta e assim auxiliar na otimização dos recursos e na diminuição dos desperdícios (Souza et al., 2018).

No estudo de Schröder et al. (2015), o objetivo do seu projeto era avaliar as aplicações e os impactos da automação e da Indústria 4.0 em uma linha de montagem de calçados femininos. Inicialmente, foi analisada a Linha 1 com um sistema manual e depois a Linha 2, já automatizada.

A linha manual tem seus processos de aplicação de adesivo no cabeçal, aplicação de adesivo no solado e aspiração do cabeçal, que consiste na remoção mecânica da camada superficial do laminado sintético realizada por operadores. Contudo, na linha automatizada, a força braçal foi substituída por robôs e os calçados são monitorados por chips que, por sua vez, são lidos por sensores instalados no decorrer da linha de produção.

Através dessas mudanças e melhorias foi possível observar que o retrabalho da Linha 2 foi reduzido em 60,35% se comparado à Linha 1, e que a produtividade é de 260,56% maior na Linha automatizada em relação a Linha manual.

Além disso, A TOTVS (2018), já mencionada no processo de implementação, avalia que os benefícios que a Indústria 4.0 oferece são diversos, como o aumento da produtividade através da redução de perdas e falhas na produção, obtendo, assim, também, o retorno econômico. Ana Cristina Rodrigues da Costa, chefe do Departamento de Bens de Capital, Mobilidade e Defesa do BNDES, acredita que as empresas precisam se modernizar

para conseguir operar em um nível competitivo e é necessário, também, a ajuda do governo, através de incentivos e infraestrutura, concluindo que:

“Na Alemanha, as políticas voltadas à implantação da Indústria 4.0 se inserem num esforço maior de política industrial, e assim também ocorre nos EUA e demais países desenvolvidos ou em desenvolvimento, como Índia e China. Os esforços para implantação da Indústria 4.0 têm como importância o ressurgimento das políticas industriais e tecnológicas como essenciais para o desenvolvimento industrial e produtivo. Além disso, reforça-se a ideia de que a indústria continua ocupando um papel preponderante, trazendo uma nova dinâmica de associação entre indústria e serviços sofisticados. Nesta linha, novos modelos de negócio têm surgido desta nova dinâmica serviços/indústria” (TOTVS, 2018).

Enquanto isso, no estudo de Coelho et al. (2017), os autores concluem que a metodologia proposta que foi aplicada se mostrou eficaz, visto que nas 13 empresas atendidas observou-se que:

- 62% das empresas apresentaram redução de custos por meio de alterações de produto/processo;
- 23% das empresas aumentaram a produtividade;
- 62% das empresas constataram melhora na qualidade dos processos;
- 46% das empresas apresentaram melhora na qualidade do produto;
- 38% das empresas obtiveram uma produção mais limpa.

Os dados só comprovam que a metodologia aplicada, além de produzir aumento da produtividade, reduz os custos, agrega cultura digital as empresas e estimula-as a permanecerem em busca da evolução para manufatura avançada (Coelho et al., 2017).

Já no estudo desenvolvido por Telukdarie et al. (2018), mencionado no subcapítulo sobre implementação, é defendido que a capacidade de otimizar um negócio global usando a Indústria 4.0 é fundamental, pois além da oportunidade de desenvolver soluções, padronizar e garantir uma “versão única de dados” globalmente, torna-se uma solução abrangente da Indústria 4.0. Com base nisso, foram identificados 12 valores esperados nas soluções empresariais multinacionais, sendo eles:

1. Capitalização do valor do investimento tecnológico existente;
2. Criação de KPIs em tempo real para otimização operacional e de negócios, local e globalmente;
3. Capacidade de emitir respostas em tempo real aos desafios do chão de fábrica;
4. Condições de previsão baseadas em dados e tendências em tempo real;
5. Proporcionar eficiências globais de fabricação;
6. Proporcionar eficiências operacionais através do monitoramento de energia, equipamentos, confiabilidade e qualidade em tempo real;
7. Desviar de integração ponto a ponto, reduzindo os custos administrativos e operacionais, mas, o que é mais importante, reduzindo os pontos de falha;
8. Erradicar atrasos e erros desencadeados pela entrada física de dados;
9. Facilitar a melhor implantação do sistema, incorporando a evolução tecnológica;
10. Melhorar o desempenho corporativo pela introdução facilitada de novos sistemas e funcionalidades;
11. Maximizar os ciclos de mudança do sistema por meio de implantação única e global de informações e alterações;
12. Padronização dos aplicativos utilizados internacionalmente.

Para além dos valores identificados, com a implementação da Indústria 4.0, outro fator que merece destaque é a simulação. Como dito na implementação, no trabalho desenvolvido por Telukdarie et al. (2018), houve a simulação de três cenários a fim de perceber o tempo necessário para executar o processo, sendo que os resultados acabam por reforçar a teoria apresentada.

Como pode ser visto na Tabela 3.2., no estudo de um conjunto de amostra de cenários, os dois cenários (manual x automático) proporcionam um diferencial de tempo de 60% e 71%, respectivamente, implicando em quase dois terços de economia de tempo para um processo de negócios integrado e automatizado (Telukdarie et al., 2018).

Tabela 3.2. Resultados da simulação

SIMULAÇÃO - AVARIA DA BOMBA			
Condições	Cenário 1: Manual e Automático	Cenário 2: Automático	Cenário 3: Manual
Tempo de distribuição (horas)	31320	24840	60840
SIMULAÇÃO - CADEIA DE SUPRIMENTOS			
Condições	Cenário 1: Manual e Automático	Cenário 2: Automático	Cenário 3: Manual
Tempo de distribuição (horas)	17640	11520	39960

Fonte: adaptado de Telukdarie et al., 2018

Quanto a análise dos resultados dos trabalhos dos diversos autores estudados no estado da arte, não há discussão de que o aumento da eficiência e da produtividade são os benefícios mais citados, conforme Tabela 3.3. Contudo, dois autores apontaram o desenvolvimento da cultura digital como benefícios, o que mostra a intenção pela busca da melhoria contínua através da digitalização.

Tabela 3.3. Benefícios identificados no Estado da Arte

BENEFÍCIOS	AUTORES				
	Souza et al. (2018)	Schröder et al. (2015)	TOTVS (2018)	Coelho et al. (2017)	Telukdarie et al. (2018)
Ganho de eficiência dos processos	x			x	x
Otimização dos recursos	x				
Redução do retrabalho	x	x			
Aumento da produtividade		x	x	x	
Diminuição dos desperdícios			x		
Redução das falhas			x		x
Redução dos custos				x	x
Melhoria na qualidade do produto				x	
Desenvolvimento da cultura digital				x	x
Padronização dos sistemas a nível mundial					x
Capacidade de emitir repostas em tempo real					x
Criação de KPI em tempo real					x

3.3. Problemática encontrada na Indústria 4.0

Evidentemente que a quarta revolução industrial está só começando. Porém é possível identificar, através da análise do estado da arte, alguns problemas encontrados nos estudos dos outros autores. A vantagem de reconhecer os possíveis obstáculos é avaliá-los e procurar soluções antes que eles causem maiores transtornos.

Na sessão de lançamento do livro “Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0”, onde a autora desta Dissertação pôde estar presente, o Reitor da Universidade de Coimbra, Professor Doutor Amílcar Falcão, demonstrou sua preocupação em relação a empregabilidade no contexto da Indústria 4.0, bem como as relações humanas, ao afirmar que 50% dos postos de trabalho atuais não existirão em 2030. Contudo, mostrou-se interessado, em nome da Universidade, em investir em novas formações a fim de acompanhar a tendência do mercado.

Ainda na sessão de lançamento do livro, a Professora Doutora Ana Lehmann, ex-Secretária do Estado da Indústria, acredita que a Indústria 4.0 precisa contaminar as pequenas e médias empresas, que representam mais de 90% da indústria do país e são o grande desafio nacional. O Doutor António Mira, Diretor Geral da Área Indústria da Siemens S.A., afirma que não dá mais para voltar atrás e também acredita que o desafio são as pequenas e médias empresas e que é preciso voltar esforços para elas, se não, em poucos anos, deixarão de existir.

No projeto de Schröder, Nunes, Viero, & Menezes (2015), já comentado no Estado da Arte devido aos seus resultados, foi identificada uma baixa produção literária da Indústria 4.0 aliada ao Sistema Hyundai de Produção (SHP), devido ao SHP defender a modularização e engenharia tecnológica.

Para além disso, investir na capacitação dos operadores passaria a ser uma necessidade, já que seria fundamental o conhecimento para operar processos que apliquem sistemas automatizados para combater a redução do número de trabalhadores devido sua substituição por robôs em alguns postos de trabalho.

Em um estudo da Collabo, realizado em 2016, é levantado, também, o desafio das empresas junto aos profissionais que precisam encontrar seus lugares na Indústria 4.0, pois serão eles os que vão conduzir o processo de transição. O estudo afirma que “as empresas exigirão novos perfis de colaboradores, que, por sua vez, deverão buscar novas competências e habilidades para permanecerem competitivos no mercado” (Collabo, 2016).

Isso porque, ainda segundo Collabo (2016), as empresas exigirão um colaborador diferente, mais conectado, mais ágil e mais adaptável devido as transformações que não param de acontecer.

Se para algumas pessoas a revolução foi usar o computador, agora elas precisam aprender a usar os painéis das máquinas que foram informatizadas. As informações que antes eram enviadas de uma pessoa para outra agora devem ser buscadas na nuvem, alterando a comunicação entre elas. A relação com as máquinas também foi alterada, que também funciona online e em tempo real.

Mais uma vez, a TOTVS (2018) apresenta seus comentários quanto a Indústria 4.0., e na abordagem da problemática acredita nesses cinco principais empecilhos enfrentados pelas empresas em suas transições:

1. **Falta de conhecimento:** relacionado à falta cultural digital e de incentivo a modernização, que atrasam o desenvolvimento das empresas.
2. **Alto custo de implantação:** relacionado à ausência de linhas de financiamento específicas para a modernização das empresas, tendo em vista que muitas empresas elencam o custo de implantação como a principal barreira.
3. **Qualificação dos funcionários:** relacionado à falta de mão de obra qualificada capaz de analisar as informações e o trabalhar em conjunto com os outros departamentos da empresa.
4. **Ausência de infraestrutura e incentivos:** A internet banda larga não é capaz de suportar a implementação da Indústria 4.0.
5. **Inexperiência no processo de transição:** O modelo de indústria atual não passou por transformações recentemente e as empresas não estão preparadas para realizar a transição.

Enquanto isso, no estudo de Frank et al., (2019), os autores apontam que as linhas flexíveis são algo voltado para a “Indústria 4.0 conceito” por serem difíceis de ser implementadas, já que exigem uma alteração no *layout* do chão de fábrica e dos métodos de produção, além da aplicação de tecnologias que ainda não foram dominadas.

Por fim, para finalizar essa análise, é sabido que a capacidade de investimento para implantar os conceitos da Indústria 4.0 estão apenas ligadas as grandes empresas, por

isso a existência de uma solicitação por parte de muitas outras empresas para que o governo ofereça suporte financeiro as pequenas e médias empresas, permitindo assim que elas também possam absorver as ferramentas, os princípios e os conceitos da Indústria 4.0.

Em contrapartida, juntamente com a busca pela inovação e por novas tecnologias, surge a preocupação em relação aos colaboradores, que passaram a ser substituídos por robôs ou pela exigência de novos perfis, com novas habilidades e novas competências capazes de se adaptar ao novo cenário industrial.

Além disso, desde 2018, no Japão, já se fala na preocupação com o envelhecimento da população e sobre a Sociedade 5.0. Yoko Ishikura, consultora independente do Fórum Econômico Mundial, acredita que se trata de “uma revolução silenciosa que procura posicionar o ser humano no centro da inovação e da transformação tecnológica” com apenas alterações nas tarefas, mas sendo necessário para isso preparação (Costa, 2018), garantindo assim, que os robôs executem as tarefas monótonas e repetitivas, e o ser humano se responsabiliza pelo trabalho criativo e inovador.

4. ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS

No processo de seleção da metodologia a aplicar na investigação, procurou-se identificar a que melhor se adaptava à natureza do tema estudado. Pensou-se que o estudo de casos múltiplos seria a estratégia mais adequada, buscando, também, em fontes múltiplas, toda a informação necessária, a fim de criar e validar o modelo conceitual a ser proposto.

Primeiramente, este capítulo será iniciado com uma breve descrição de como foi feita a seleção das empresas do Estudo de Caso, quais foram as empresas, sua natureza e os responsáveis pelas informações fornecidas. Posteriormente, será abordado o Inquérito 1, realizado a fim de verificar o grau de maturidade das empresas na implementação dos conceitos da Indústria 4.0 (Apêndice A).

Por fim, será realizada uma descrição das empresas selecionadas e será incorporado a cada uma a caracterização dos seus processos a fim de entender como e por que ocorreu a implementação da Indústria 4.0 em cada uma delas. Essa caracterização é baseada, sobretudo, em uma entrevista semiestruturada (Apêndice C) apoiada na Revisão Bibliográfica, no Estado da Arte e no Inquérito de Maturidade.

A análise das entrevistas junto ao inquérito de maturidade tem como objetivo verificar se existe uma consonância na estratégia seguida por estas empresas comparando as opções feitas por cada uma a nível de decisões para implementação, estratégias, estrutura, métodos adotados, parceiros, preocupações e a busca pela melhoria contínua. É sabido que as empresas entrevistadas estão familiarizadas com os conceitos da Indústria 4.0, além de terem experiência neste assunto.

4.1. Seleção das empresas do Estudo de Caso

Para a seleção das empresas admitiu-se:

1. Empresas que já haviam iniciado a implementação da Indústria 4.0, seja nela como um todo, ou em alguma área específica;
2. O acesso a empresa para que fosse possível aceder as informações, realizar entrevistas e obter dados;

3. As empresas contactadas foram, preferencialmente, localizadas na Região Centro de Portugal, a fim de facilitar o acesso a partir de Coimbra.

Em relação ao contato com as empresas, eles se deram, primeiramente:

1. Indicação de algum colega que conhecia o gestor de área responsável pela Indústria 4.0 na empresa em questão;
2. Através de buscas pela rede social *LinkedIn*, onde estabeleceu-se um primeiro contato com algum colaborador ou gestor da área de produção, TI ou inovação, a fim de encontrar o contato responsável pela indústria 4.0.

As sete empresas abordadas, sua natureza, o responsável pelas informações e seu cargo, data de inquérito e data da entrevista podem ser visualizados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Empresas abordada para o Estudo de Caso

EMPRESAS	NATUREZA	RESPONSÁVEL	CARGO	DATA DO INQUÉRITO	DATA DA ENTREVISTA
Revigrés	Cerâmica	Eng. Pedro São Marcos	Project Manager	21 de Maio	-
SRAM	Metal mecânico	Eng. Paulo Carvalho	Responsável Engenharia	19 de Junho	27 de Junho
Bosch Multimedia Car	Peças automotivas	Eng. João Costa	Especialista de Processo Sênior	18 de Maio	-
Renault Cacia	Indústria Automotiva	Eng. Ricardo Britto	Business IT Process Digital	30 de Julho	31 de Julho
Grupo PSA - Peugeot Citroen	Indústria Automotiva	Eng. Bruno Nascimento	IT Team Lider	20 de Maio	18 de Junho
Sonae Arauco	Papel e Celulose	Eng Leonardo Porto	Digital Manufacturing Engineer	19 de Maio	-
Siemens*	Facilitadora / Suporte	Eng. João Queiroz / Dr. António Mira	iExperience Center 4.0 Manager	Não se aplica	06 de Junho

Para além disso, na Tabela 4.2., pode-se verificar como foi realizada a recolha de dados para o inquérito da maturidade e para a recolha de dados para investigação do processo de implementação da Indústria 4.0.

Tabela 4.2. Procedimento de recolha de dados

EMPRESAS	INQUÉRITO DA MATURIDADE	ENTREVISTA PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO
Revigrés	O inquérito foi adaptado do estudo de Lichtblau, et al. (2015) e realizado através de um formulário Google (Apêndice A) e enviado via e-mail. A análise dos resultados foi realizada através de uma tabela de pontuação (Apêndice B).	A recolha de dados foi feita através de pesquisas em diversos meios de informação como revistas, jornais e outros documentos.
SRAM		Em 27 de junho aconteceu uma visita a sede da indústria SRAM na cidade de Coimbra pelas 15h. A visita e entrevista duraram cerca de 2 horas, onde o Engenheiro Paulo Carvalho respondeu pessoalmente as perguntas da entrevista semiestruturada. As respostas foram anotadas no caderno de rascunho deste projeto. Não foi permitido fotografar. Outras fontes de pesquisa também foram utilizadas como jornais, revistas, teses de outros autores e outros documentos.
Bosch Multimedia Car		A recolha de dados foi feita através de pesquisas em diversos meios de informação como revistas, jornais e outros documentos.
Renault Cacia		Pela indisponibilidade de visita, a entrevista foi enviada via inquérito Google e o expectável era que fosse respondida em cerca de 30 minutos. No dia 31 de julho, o Engenheiro Ricardo Brito respondeu todas as questões colocadas. As respostas foram analisadas mediante aos blocos aos quais elas pertenciam, conforme Apêndice C.
Grupo PSA - Peugeot Citroen		Pela indisponibilidade de visita à empresa, a entrevista semiestruturada foi enviada via inquérito Google e o expectável era que fosse respondida em cerca de 30 minutos. No dia 18 de junho, o Engenheiro Bruno Nascimento respondeu todas as questões colocadas. As respostas foram analisadas mediante aos blocos aos quais elas pertenciam, conforme Apêndice C.
Sonae Arauco		A recolha de dados foi feita através de pesquisas em diversos meios de informação como revistas, jornais e outros documentos.

Siemens*	Não foi aplicado o Inquérito de Maturidade.	<p>No dia 16 de maio foi realizado o lançamento do livro <i>Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0</i> do Professor Joaquim Norberto, onde o Diretor de Indústria da Siemens, António Mira, foi um dos apoiadores, proferindo algumas palavras sobre a Indústria 4.0. Ao final do evento, em conversa com o Diretor, ficou o convite em visitar a Siemens em Lisboa.</p> <p>Em 06 de junho aconteceu a visita ao <i>i-Experience Center 4.0</i> da Siemens em Lisboa, onde o Engenheiro João Queiroz realizou uma apresentação por cerca de 4 horas sobre a Indústria 4.0 do ponto de vista da Siemens como uma facilitadora e disseminadora dos conceitos da Indústria 4.0.</p> <p>Após a apresentação houve uma conversa informal sobre as dúvidas que surgiram na apresentação. O arquivo da apresentação em <i>pdf</i> foi disponibilizado via e-mail. As anotações do lançamento do livro, da apresentação e as dúvidas foram registadas no caderno de rascunho deste projeto. A duração total da visita e entrevista foi de 6 horas. A análise do conteúdo foi feita através da similaridade com os blocos de perguntas da entrevista semiestruturada (Apêndice C).</p>
----------	---	--

Apesar de considerar ter algum contato relevante dentro das empresas a fim de facilitar a abordagem e acesso a informação, não foi possível visitar algumas empresas e/ou obter documentos e/ou fotos solicitados. Apesar disso, como o levantamento de dados inclui outras fontes de pesquisa, foi possível encontrar informações complementares, que serão citadas no decorrer da descrição e caracterização dos processos das empresas.

4.2. Inquérito 1 – Maturidade

Para a criação do modelo conceitual de implementação da Indústria 4.0, era necessário que as empresas já tivessem implementado ou estivessem em processo de implementação dos conceitos da Indústria 4.0. Contudo, antes de perceber quais os métodos e processos que as empresas adotaram, se fez necessário avaliá-las a fim de identificar qual o nível de maturidade que elas estavam enquadradas. Para isso, foi utilizado um inquérito com as questões de avaliação, conforme o Apêndice A, uma tabela de pontuação, conforme

o Apêndice B, e uma análise das dimensões e das capacidades avaliadas apresentadas a seguir.

O inquérito foi adaptado do estudo de Lichtblau, et al. (2015), onde a classificação varia de 0-5 e tem como objetivo perceber o nível de Maturidade quanto a implementação dos conceitos da Indústria 4.0. Não foi o objetivo desta dissertação realizar recomendações de ações corretivas e preventivas nas empresas. Também não existiam respostas certas ou erradas no inquérito, pois as ações são derivadas da estratégia de cada empresa, dependendo dos seus objetivos e do seu ambiente.

A dimensão “Estratégia, estrutura e cultura organizacional”, encontrada na Tabela 4.3., é referência para os competidores. Nesta dimensão, percebe-se o nível de implementação e dos sistemas de indicadores. É esperado que a empresa possua uma estrutura organizacional aberta ao aprendizado contínuo e orientada à inovação, com esforços de pesquisa e desenvolvimento de novos processos.

Tabela 4.3. Estratégia, estrutura e cultura organizacionais

ESTRATÉGIA, ESTRUTURA E CULTURA ORGANIZACIONAL							
	CAPACIDADES	Sonae Arauco	Bosch Car	Revigrés	Grupo PSA	SRAM	Renault Cacia
10	Como descreve o nível de implementação da estratégia i4.0 na empresa.						
1	Nível de implementação	4	4	4	5	5	4
11	Existem indicadores para monitorizar o estado de implementação da estratégia i4.0?						
2	Sistemas de indicadores	3	5	3	5	3	3
14	Quais as tecnologias que já são utilizadas na empresa?						
3	Sistemas integrados	3	4	1	5	5	4
4	Internet das Coisas	4	4	0	5	5	3
5	Cloud/Nuvem	4	4	0	5	5	5
6	Big data	5	4	0	5	5	3
	Nível da dimensão	3,8	4,2	1,3	5,0	4,2	3,7

Na questão 14, sobre a capacidade tecnológica das empresas, ainda de acordo com a Tabela 4.3., a autora considerou, a nível de relevância, os 4 pilares: Sistemas integrados, Internet das Coisas, Nuvem e *Big data*. Essa decisão se deu em respeito a singularidade de cada empresa, em razão de acreditar, mediante o estudo bibliográfico e do estado da arte, que a base da Indústria 4.0 vem dessas quatro tecnologias.

As “Fábricas inteligentes”, segunda dimensão avaliada, trata das instalações e dos equipamentos como se fossem cópias digitais com atualização no mundo físico e no mundo virtual, com possibilidade de monitoramento e controle remoto de operações, cujas capacidades podem ser avaliadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Fábricas inteligentes

FÁBRICAS INTELIGENTES								
CAPACIDADES		Sonae Arauco	Bosch Car	Revigrés	Grupo PSA	SRAM	Renault Cacia	
15	Como avalia os processos de manufatura na empresa?							
1	Integração vertical	0	5	4	5	5	4	
2	Rastreabilidade interna	5	5	5	5	5	3	
3	Autonomia do sistema produtivo	0	5	0	5	4	5	
4	Eficiência energética	0	4	4	5	5	3	
5	Flexibilidade e customização	0	5	4	5	4	3	
	Nível da dimensão	1,0	4,8	3,4	5,0	4,6	3,6	

A *Cloud* na empresa permite o compartilhamento de informações ao longo de toda a cadeia de valor, aumentando a conectividade e interoperabilidade entre os equipamentos e demais sistemas. A dimensão dos “Processos inteligentes”, Tabela 4.5., trata da adoção desses recursos, que realizam a análise automática de um grande volume de dados em tempo real.

Tabela 4.5. Processos inteligentes

PROCESSOS INTELIGENTES							
CAPACIDADES		Sonae Arauco	Bosch Car	Revigrés	Grupo PSA	SRAM	Renault Cacia
16	Como avalia os trabalhos inteligentes na empresa?						
1	Monitoramento remoto da produção em tempo real	5	5	5	5	5	3
2	Operação remota da planta	1	5	0	5	1	3
3	<i>Home office</i>	4	5	4	5	5	4
4	Realidade aumentada na manutenção	0	3	3	5	4	3
5	Realidade aumentada na capacitação dos trabalhadores	1	3	4	5	5	3
6	Sistemas inteligentes de tomada de decisões	5	4	0	5	0	1
7	Trabalho colaborativo homem/robôs	0	5	0	5	0	1
	Nível da dimensão	2,3	4,3	2,3	5,0	2,9	2,6

A última dimensão a ser avaliada, “Cadeia de valor inteligente”, Tabela 4.6., trata da capacidade de integrar os sistemas e interoperar com outros sistemas, onde equipes multidisciplinares enviam e recebem informações ao longo do ciclo de vida dos produtos.

Tabela 4.6. Cadeia de valor inteligente

CADEIA DE VALOR INTELIGENTE							
CAPACIDADES		Sonae Arauco	Bosch Car	Revigrés	Grupo PSA	SRAM	Renault Cacia
17	Como avalia a integração com plataformas digitais em tempo real na empresa?						
1	Empresa com fornecedores	0	4	0	5	4	5
2	Empresa com clientes e distribuidores	0	4	4	5	0	4
3	Empresa com outras unidades da empresa	4	5	0	5	4	1
	Nível da dimensão	1,3	4,3	1,3	5,0	2,7	3,3

Por fim, conforme a Tabela 4.7., pode-se verificar que o Grupo PSA encontra-se no *Top Performer*, já que está inserido no Nível 5 de maturidade; a Bosch Car no Nível 4, como *Expert*; e a SRAM e a Renault Cacia no Nível 3, como *Experienced*. As três empresas alcançaram resultados satisfatórios e podem ser classificadas como *Leader*, segundo Lichtblau, et al. (2015). Já a Sonae Arauco e a Revigrés, ambas dentro do Nível 2,

podem ser classificadas como *Learners*, que corresponde as empresas que já iniciaram a implementação mas ainda estão aprendendo os processos, ferramentas e tecnologias.

Tabela 4.7. Representatividade do grau de Maturidade

REPRESENTATIVIDADE DO GRAU DE MATURIDADE							
Nível de Maturidade		Sonae Arauco	Bosch Car	Revigrés	Grupo PSA	SRAM	Renault Cacia
Nível 5	<i>Top Performer</i>				5,0		
Nível 4	<i>Expert</i>		4,4				
Nível 3	<i>Experienced</i>					3,6	3,3
Nível 2	<i>Intermediate</i>	2,1		2,1			
Nível 1	<i>Beginner</i>						
Nível 0	<i>Outsider</i>						

No seguimento, destaca-se as áreas que recebem maior investimento para a implementação da Indústria 4.0, estando em destaque a área da produção, com 100% de investimento por parte das empresas, e o setor de Tecnologia da Informação, com 83% (Figura 4.1.).

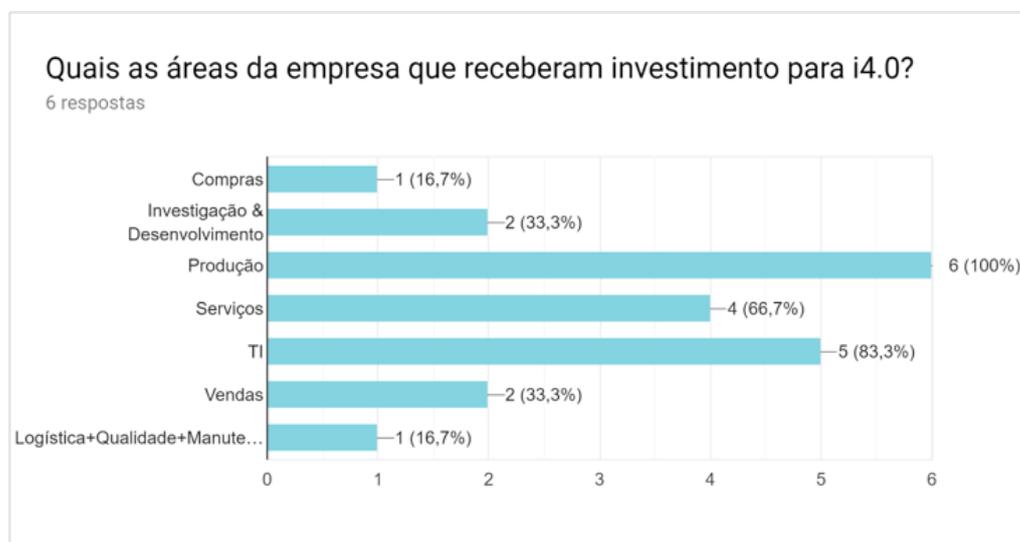


Figura 4.1. Áreas de investimento para implementação da Indústria 4.0

O investimento nas áreas da Produção e da Tecnologia da Informação se dá pelo fato de que as empresas começam a automatizar seus processos a fim de ficarem mais autônomos, adotando dessa forma tecnologias e sistemas para coleta e tratamento de dados e assim entregar o produto ao cliente o mais rápido possível. Esse seria apenas o início da implementação, pois os processos são graduais e contínuos.

Em relação aos objetivos esperados com a implementação da Indústria 4.0, percebe-se que mais de 80% das empresas buscam o aumento da produtividade e da flexibilidade da produção através da redução dos custos e erros. Porém, apenas 33% tem como objetivo aumentar a eficiência energética e reduzir o impacto ambiental (Figura4.2.).

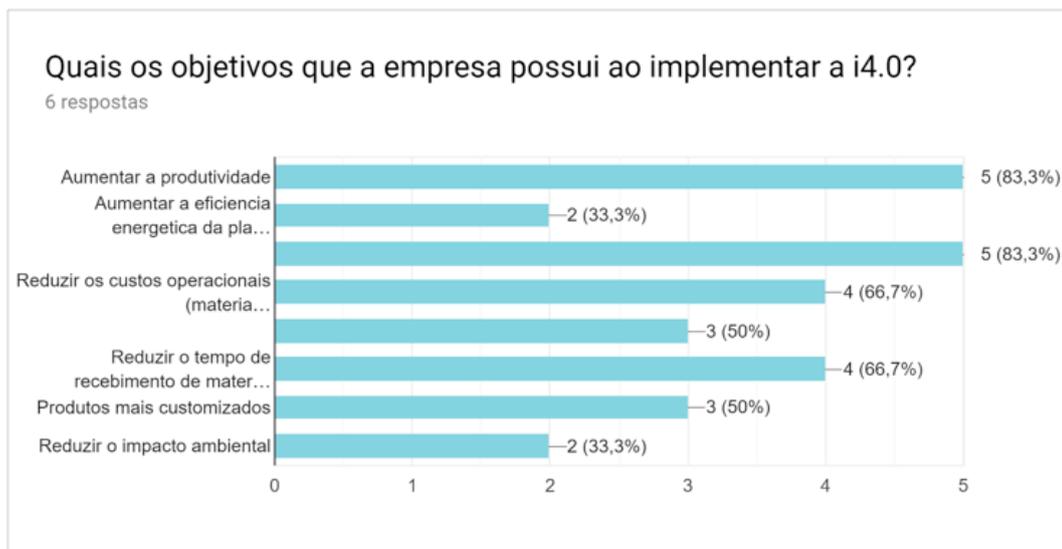


Figura 4.2. Objetivos das empresas ao implementar a Indústria 4.0

4.3. Descrição das empresas e Inquérito 2

A fim de perceber qual a estratégia que as empresas seguem para alcançar seus objetivos, foi realizada uma pesquisa exploratória sobre a implementação da Indústria 4.0 em cada empresa estudada a fim de complementar as informações e obter outros dados que poderiam ser relevantes para o estudo. Para isso, foi elaborada uma entrevista semiestruturada (Apêndice C) cujo objetivo era a recolha de dados qualitativos com o propósito de compreender a estratégia adotada para implementação da Indústria 4.0.

A escolha da entrevista se deu pelo fato de esse ser um método mais espontâneo, com algumas perguntas predeterminadas onde existe sempre a possibilidade de abordar outros assuntos que podem surgir no decorrer da entrevista. As questões predefinidas foram a diretriz da conversa. A elaboração da entrevista teve como base a Revisão Bibliográfica, o Estado da Arte e o Inquérito sobre a Maturidade das empresas.

Para compor o Guião da Entrevista Semiestruturada (Apêndice C), foi elaborado um resumo do conceito da Indústria 4.0 e seus pilares, mesmo sabendo que os entrevistados são pessoas com vasto conhecimento no assunto. A entrevista tinha como principal objetivo

dar resposta as questões de “Como e Por que” ocorreu a implementação da Indústria 4.0. Ela foi dividida em nove blocos, citados abaixo, e que serão melhor abordados nos subcapítulos destinados a cada uma das empresas em específico.

1. Antes de implementar i4.0 (Indústria 4.0): as perguntas tem como objetivo entender sobre a preparação para a implementação;
2. Implementando a i4.0: entender a estratégia que as empresas adotaram para dar início a implementação e quais foram as primeiras iniciativas;
3. Estrutura: entender a estrutura de gestão da Indústria 4.0 na empresa;
4. Parceiros: abordar sobre as empresas parceiras para a implementação;
5. Apoio: abordar sobre os programas de incentivos financeiros ou fiscais;
6. Colaboradores: entender a situação dos colaboradores com a implementação da Indústria 4.0 e a expectativa para o futuro.
7. Dificuldades e Obstáculos: entender quais as dificuldades e os obstáculos encontrados na implementação da Indústria 4.0.
8. Resultados: abordar sobre os resultados obtidos com a implementação
9. Melhoria Contínua: entender como ocorre a busca por melhoria contínua.

A análise das respostas de cada bloco tem como objetivo comparar as opções feitas por cada empresa do estudo de caso, aliado aos exemplos encontrados no Estado da Arte a nível de decisões para implementação, estratégias, estrutura, métodos adotados, parceiros, preocupações e a busca pela melhoria contínua, a fim de caracterizar os processos adotados dando origem ao modelo conceitual pretendido. A seguir haverá a descrição de cada uma das empresas e a análise qualitativa do conteúdo de sua respetiva entrevista e/ou coleta de dados.

4.3.1. Sonae Arauco – Oliveira do Hospital

Tendo surgido a partir da união de duas empresas líderes do sector, Sonae e a Arauco, uma parceria que nasceu com o objetivo de criar soluções em madeira para um mundo mais sustentável, essa multinacional, líder na Europa e na África do Sul, produz painéis derivadores de madeira, químicos e papel impregnado (Sonae Arauco, 2019). Uma de suas unidades, localizada em Oliveira do Hospital, possui mais de 250 colaboradores e o volume de negócios ultrapassa 10 milhões de euros.

A Sonae Arauco tomou a decisão de implementar os conceitos da Indústria 4.0 há cerca de 2 anos, sendo esta uma decisão da própria empresa motivada pela oportunidade de se diferenciar no mercado através de conceitos inovadores, flexibilizar da produção e reduzir erros e custos. Segundo Leonardo Porto, Digital Manufacturing Engineer, a estratégia de introdução da Indústria 4.0 ainda está sendo implementada, tendo como objetivo principal aumentar a produtividade, a qualidade do trabalho do funcionário e também reduzir o tempo de recebimento de materiais e entrega de produtos.

A introdução dos conceitos da Indústria 4.0 foram inseridos, inicialmente, na linha de produção de painéis de conglomerado onde já havia um sistema de indicadores que auxiliavam na monitorização dos processos, sendo as áreas de produção e tecnologia da informação as primeiras a receberem investimentos.

Em 2018, A Sonae Arauco assinou um contrato com o primeiro-ministro português, tendo em vista um investimento de cerca de 42 milhões de euros no âmbito do Sistema de Incentivos à Inovação Produtiva a fim de expandir a gama de produtos através de novas linhas de produção. Esse apoio do Governo potenciou o fornecimento do produto da Sonae Arauco para o mercado nacional diminuindo as atuais importações (Executive Digest, 2018).

O investimento recebido vai além do estímulo da produção, pois com o crescimento a empresa tem estado em busca de profissionais com competências em áreas tecnológicas para acompanhar as tendências da digitalização e robotização, como engenheiros de processo, gestão industrial, mecânica e profissionais de tecnologias de informação a desempenhar funções em *business intelligence*, *cyber security*, *advanced analytics* e *technology* (Pereira, 2019).

Quanto aos resultados, o presidente do comité de gestão da Sonae Indústria, Christopher Lawrie, tem boas perspetivas para 2019 e acredita em melhores resultados devido aos investimentos lançados (Neves, 2019).

4.3.2. Bosh Car Multimedia

A Bosch tem sua presença consolidada em Portugal, exportando mais de 95% da sua produção para mercados internacionais. Suas atividades na área de investigação e desenvolvimento em *hardware* e *software* estão em constante crescimento. Devido as exigências do mercado, a Bosch tem como objetivo ser líder em *Iot* (Internet das Coisas). A

empresa em Portugal possui mais de 4800 colaboradores, sendo uma das maiores indústrias empregadoras do país e gerou, em 2017, mais de 1,5 mil milhões de euros (Bosch, 2019).

Uma de suas unidades, a Bosch Car Multimedia, situada em Braga, produz sistemas multimédias para automóveis e motos de mais de 100 marcas, sensores e *eCall* (chamadas de emergência de veículos). No início de 2019, a Bosch inaugurou novos edifícios para abrigar os novos projetos tecnológicos, entre eles, a exploração da comunicação em tempo real entre veículos, que será de extrema valia para a era de veículos-robô (Tomé, 2019).

Dentre os motivos que levaram a Bosch Car Multimedia a decidir pela implementação da Indústria 4.0 estão:

- Oportunidade para se diferenciar no mercado;
- A empresa quer experimentar novos conceitos inovadores;
- Busca pela redução dos custos e dos erros;
- Busca pela flexibilização da produção.

A tecnologia RFID (do inglês “*Radio-Frequency Identification*”) é um exemplo do resultado da motivação, um método acessível e barato com a finalidade de digitalizar as operações através da identificação de objetos por radiofrequência (Tomé, 2019).

Segundo João Costa, Especialista de Processo Sênior da Bosch Car Multimedia, em resposta a entrevista semiestruturada (Apêndice C), a empresa tem seu processo de estratégia da Indústria 4.0 em implementação, buscando com isso o aumento da produtividade e da flexibilidade da planta, a redução dos custos operacionais e do tempo de recebimento de materiais e entrega dos produtos, além de produtos mais customizados.

João Costa relata que os nove pilares estão sendo implementados na empresa, abraçando por completo o conceito da Indústria 4.0 com o estado dos robôs autônomos e *Cyber Security* em processo avançado.

Carlos Ribas, representante da Bosch em Portugal, afirma que “muito do que se faz aqui é único no mundo” e quer que em 2020 todos os produtos da empresa estejam ligados a internet, enfatizando que na Bosch “já não se fala de Internet das Coisas”, mas sim em “Internet de Todas as Coisas” (Freire, 2018).

Francisco Duarte, Coordenador da Indústria 4.0 da Bosch, acredita que o desafio é interligar vários sistemas numa perspetiva transversal a todas as etapas de ação internas ou externas à empresa. Essa necessidade se dá pela carência de ter as informações em tempo real, a imensa quantidade e complexidade de dados e a substituição das pessoas por sistemas de inteligência artificial (INEGI, 2019).

Para que todos os desafios que a empresa enfrenta sejam superados, é necessário que existam parcerias que permitam desenvolver soluções eficazes. Um exemplo dessas parcerias é o projeto chamado de “Innovative Car – Human Machine Interface (IC-HMI)” entre a Bosch e a Universidade do Minho, com apoio da União Europeia, envolvendo cerca de 400 engenheiros e investigadores, e um orçamento de 54,7 milhões de euros com o objetivo de construir o futuro da mobilidade (Centro de Computação Gráfica, 2018).

Atento às tendências do setor, o especialista Francisco Duarte destaca que a substituição de postos de trabalho pela inteligência artificial é uma tendência cada vez mais evidente dada “a evolução da população portuguesa nas próximas décadas, ainda bem que vão existir muitos robôs!” para combater a escassez de recursos humanos. Ele acredita que um fator que torna ainda mais importante é a permanente requalificação de trabalhadores e a adoção de diferentes funções ao longo da vida laboral (INEGI, 2019).

4.3.3. Revigres

A Revigres é uma empresa referência no mundo cerâmico, sendo especializada em produção de revestimentos e pavimentos deste tipo de material. A empresa tem realizado investimentos nas mais avançadas tecnologias e com isso tem se tornado destaque no país em relação a gestão da inovação (Revigrés, 2019).

Localizada em Águeda, a Revigrés possui mais de 250 colaboradores e um volume de negócios que ultrapassa 10 milhões de euros, estando presente em mais de 50 países. A Revigrés é a única empresa do subsector de revestimentos e pavimentos cerâmicos em Portugal com a quádrupla certificação dos seus sistemas de gestão integrados (SGI), segundo quatro referenciais: Qualidade; Ambiente; Responsabilidade Social; e Investigação, Desenvolvimento e Inovação (Revigrés, 2019).

Dentre os valores da empresa, um que se destaca é a Inovação, pois a Revigrés vem apostando em soluções tecnológicas inovadoras e em novos produtos para se diferenciar no mercado. Isso é confirmado, também, através do Gestor de Projetos de Inovação, Pedro

São Marcos, que aponta como motivação para implementar os conceitos da Indústria 4.0 os seguintes fatores:

- Oportunidade para se diferenciar no mercado;
- A empresa quer experimentar novos conceitos inovadores;
- Os requisitos do mercado e a pressão competitiva;
- Busca pela redução dos custos e dos erros;
- Busca pela flexibilização da produção.

O fato da Revigrés buscar a inovação nos seus produtos vai ao encontro das tendências da indústria cerâmica que a encontra como um grande desafio em suas várias vertentes como produto, processo, organização e marketing, para assim lançarem soluções diferentes e competitivas.

Para além da inovação, outros desafios encontrados são: a digitalização, a fim de melhorar a produtividade e ser mais competitivo; a Cooperação e Parcerias com universidades, centro tecnológicos e empresas, para obter soluções diferenciadas e melhorar a competitividade; e o conhecimento do Mercado internacional, para entender as barreiras e oportunidades.

4.3.4. Grupo PSA – Mangualde

O Grupo PSA, conhecido como PSA Peugeot Citroen, é uma indústria automotiva francesa que produz automóveis. Uma de suas unidades está situada em Mangualde, sendo responsável pela produção de veículos comerciais ligeiros e que ocupa uma das primeiras posições no ranking das maiores exportadoras do país, além de ser a segunda maior fábrica de automóveis de Portugal. (Grupo PSA, 2019)

Atualmente, o centro industrial de Mangualde possui uma produção diária de 220 veículos e, desde 2016, em conjunto com o Governo, integra o Comité Estratégico da iniciativa Indústria 4.0 para definir estratégias e identificar soluções para ajudar a colocar Portugal na rota da Quarta Revolução Industrial (Wikipédia, 2019).

O Engenheiro Bruno Nascimento, IT Team Líder da unidade de Mangualde, relata que a unidade tem o seu processo de estratégia da Indústria 4.0 implementado.

Contudo, a busca pelo aumento da produtividade, da eficiência energética e a flexibilização do chão de fábrica são constantes. Uma outra preocupação da empresa é a redução dos custos operacionais e do impacto ambiental.

Na PSA em Mangualde, a necessidade de implementar os conceitos da Indústria 4.0 surgiu na linha de produção e em suas áreas de suporte através da integração horizontal a fim de conectar a cadeia de valor e as diversas equipes envolvidas. Essa necessidade foi identificada através de seminários introduzidos na empresa que tinham como objetivo reunir informações de diversas equipes internas em busca de um relatório de melhoria. Em seguida, diversas pesquisas de mercado foram realizadas a fim de encontrar soluções e tecnologias para as deficiências e problemas identificados.

As áreas impactadas pelo início da implementação da Indústria 4.0 se beneficiaram da evolução de seus processos, da criação de novos fluxogramas e da modificação de seus *layouts*. Os impactos, custos e modificações foram acompanhados pelas equipes internas da empresa, havendo em alguns pontos a participação de empresas externas. Todas as melhorias eram realizadas através de várias simulações até atingirem resultados satisfatórios e, mesmo após encontrar soluções eficazes, a busca pelo aperfeiçoamento da planta através da melhoria contínua permanece constante.

Para dar início a prática da Indústria 4.0 dentro da empresa, as primeiras tecnologias adotadas foram os robôs colaborativos, IoT, Manufatura aditiva e a Simulação, tudo isso através de estratégias definidas que eram avaliadas constantemente através do acompanhamento da implementação e da evolução das mesmas, visto que todas as soluções têm que ser sustentáveis e rentáveis, em todos os sentidos.

Outra tecnologia utilizada foi a Integração digital, que ajudou a reduzir a burocracia, além de agilizar diversos processos, sendo os sistemas utilizados para tal o Office 365, para controlar a produtividade; o OneDrive, para envio de dados; e Sistemas e Políticas regidos pela segurança interna da empresa, para o controle, tratamento e diagnóstico dos dados recebidos.

A necessidade de solucionar alguma carência ou problema acaba por fazer, também, com que a PSA de Mangualde crie parcerias com diversas empresas, a fim de encontrar soluções em conjunto. Atualmente a empresa possui cerca de 10 parceiros que fornecem sistemas, máquinas, equipamentos e tecnologias.

A PSA de Mangualde acredita que o apoio proveniente de instituições financeiras e programas governamentais são de extrema importância para o crescimento do produto interno bruto e, sobretudo, para o desenvolvimento nacional como um todo. Sendo assim relata os seguintes apoios:

- Projetos financiados pela própria empresa;
- Projetos com incentivo do governo português;
- Projetos com incentivo de outros países que o Grupo PSA está inserido.

Em 2018, a PSA de Mangualde assinou o projeto de inovação INDTECH 4.0 como um dos pilares do plano Mangualde 2020 com investimento em torno de 10 milhões de euros. O Engenheiro Bruno Nascimento destaca também “uma iniciativa da **PSA de Mangualde**, desenvolvida em consórcio com três universidades e cinco parceiros tecnológicos, assente nos seguintes eixos: robôs colaborativos, visão artificial, sistemas autónomos de movimentação, fábrica digital (IoT) e fábrica do futuro”.

O centro industrial de Mangualde conta com cerca de 1000 trabalhadores, sendo que um dos objetivos principais esperados com a implementação da Indústria 4.0 seria, justamente, melhorar a qualidade do trabalho de toda a equipe.

Além disso, uma das políticas da empresa, é que os colaboradores nunca sejam demitidos porque suas funções deixam de existir. Por isso há programas de formação interna e apoio das Universidades para que haja a requalificação desses colaboradores, a fim de que possam assumir novas funções dentro do ambiente de trabalho. O Engenheiro Bruno relata que novos postos foram criados com a chegada da Indústria 4.0, sendo alguns deles:

- *CDO (Chief CDO (Chief Digital Officer):* Diretor digital, um promissor *Big data* que tem em suas habilidades o domínio da Tecnologia da Informação e a capacidade de antecipar tendências, cruzar informações e analisar os dados recebidos.
- *IoT Architecture:* O profissional que constrói sistemas capaz de detetar e responder de maneira autónoma aos estímulos do mundo real (sensores, atuadores, etc) sem intervenção humana.

Contudo, na prática, a implementação da Indústria 4.0 não é tão simples, e o PSA de Mangualde relata que algumas de suas maiores dificuldades são:

- Levantamento de dados para o diagnóstico inicial;
- Falta de colaboradores capacitados para trabalhar no contexto Indústria 4.0;
- Formação contínua para os colaboradores de acordo com a implementação e rotina do ambiente 4.0;
- Na integração horizontal, digital e vertical a falta de conhecimento e inexperiência nos processos de transição.

Mesmo com todas as complexidades e obstáculos, a PSA de Mangualde vem sendo referência nos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0, que estão presentes na fábrica desde 2015.

4.3.5. SRAMPORT

A SRAMPORT foi fundada em 1987 ao introduzir o câmbio de marchas no mercado de bicicletas. Com sede em Chicago, nos Estados Unidos, possui cerca de 3800 funcionários ao redor do mundo. O grupo produz componentes de bicicleta e busca continuamente por novas tecnologias para aperfeiçoar e redefinir seus processos produtivos (SRAMPORT, 2019).

A SRAM, localizada em Coimbra, desenvolve e produz correntes para bicicleta essencialmente para exportação e conta com pouco mais de 100 colaboradores nessa unidade. De acordo com o Engenheiro Paulo Carvalho, o que motivou a empresa a implementar a Indústria 4.0 foi a busca pela redução dos custos e dos erros visando o aumento da produtividade e da flexibilidade do chão de fábrica. A estratégia de implementação da Indústria 4.0 está concluída, contudo ainda espera-se evoluir mais.

A decisão de seguir com a implementação foi tomada pela empresa por meio de seus colaboradores através de reuniões semanais acerca da melhoria contínua, sendo que toda a cadeia vertical da empresa está envolvida no projeto. Nessas reuniões são discutidos pontos de interesse, melhorias e dificuldades, para se buscar uma solução.

Um dos grandes desafios que surgiu em uma dessas reuniões foi a identificação da necessidade da gestão de engenharia possuir os valores de desempenho, produtividade e possíveis falhas e erros da produção sempre à mão, sem a necessidade de ir de equipamento em equipamento para coletar os dados, surgindo assim a necessidade de se digitalizar através

da integração dos sistemas, *Iot*, Nuvem e *Big data*. Contudo, o Engenheiro Paulo Carvalho acredita que a empresa tenha tomado a decisão de ser 4.0 antes mesmo de surgir o termo, devido a essa necessidade de controlar todos os dados dos equipamentos em tempo real.

O processo de implementação da Indústria 4.0 foi iniciado anos atrás. Primeiramente, o objetivo foi monitorar os erros para diminuir as falhas, paragens e quebras dos equipamentos. Em seguida, houve a coleta de dados, manuais dos equipamentos e todo tipo de informação relevante vinda dos fabricantes, dos colaboradores e gestores para a criação da base de dados. Depois, surgiram os fluxogramas e *layouts* sugerindo as melhorias, que são modificados quantas vezes for necessário.

Sabendo da necessidade e do objetivo da digitalização, a SRAMPORT contratou a *Critical Software* para que desenvolvesse um programa que fornecesse todo o diagnóstico do chão de fábrica em tempo real. A empresa teve seu processo de implementação da Indústria 4.0 inserido, inicialmente, nos fornos da indústria através da automatização dos mesmos, aliada ao controle e monitorização da recolha de dados e ferramentas de análise.

Além da gestão de materiais auxiliares de produção, o objetivo era evitar falhas e paragens dos fornos, que demoram cerca de três semanas para resfriarem, prejudicando todo o processo de produção da cadeia de valor. As primeiras tecnologias 4.0 implementadas foram:

- Sistemas integrados;
- IoT, através de sensores nos equipamentos da cadeia de produção;
- *Cloud*, para armazenamento das informações;
- Simulação.

Em seguida, a implementação da Indústria 4.0 avançou para a linha de máquinas de produção de correntes, exemplificada na Figura 4.3., através dos registos das paragens com análise dos dados, da produtividade das máquinas, dos produtos e dos operadores, envio de informações em tempo real e ordens de produção. Embora ainda haja equipamentos que não estão inseridos no sistema, ou seja, que, não estão fornecendo informações em tempo real, há uma estratégia para que todos sejam integrados futuramente.



Figura 4.3. Linha de máquinas de produção de correntes
Fonte: Google, 2019

Além disso, para que a cadeia de valor de uma indústria esteja conectada, é necessário que haja a integração através de sistemas de gestão. Os sistemas de gestão são *softwares* inteligentes com o objetivo de facilitar o entendimento dos dados gerados no dia a dia da empresa.

Para o controle das atividades básicas, como gestão da produção, gestão de materiais e gestão financeira, a SRAMPORT utiliza o ERP SAP. O desempenho das máquinas e equipamentos é feito através do *software* desenvolvido junto a Critical, utilizando o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness), que fornece informações como:

- Com que frequência os equipamentos ficam disponíveis para operação?
- O quão rápido estou produzindo?
- Quantos produtos foram produzidos e não geraram perdas de produção?

A empresa ainda não possui um sistema inteligente autônomo de tomada de decisão, sendo o controle e tratamento dos dados feito pelos gestores, que podem sugerir melhorias no sistema, bem como todos os colaboradores.

Sobre as parcerias, a SRAMPORT considera parceiros os fornecedores das máquinas e equipamentos, e a empresa de *software* que está sempre a desenvolver algo a mais para o envio, recebimento e tratamento de dados. Contudo, uma parceria que chamou

atenção foi a de “outras indústrias” que abrem as portas para receber o Engenheiro Paulo Carvalho a fim de compartilhar as informações sobre os processos, trocar ideias e experiências. Ele acredita que “a Indústria 4.0 não tem que correr em segredo, e o compartilhamento de informações é bom para todos, pois estimula a disseminação e evolução do conceito”.

Diferente da maioria das indústrias, a SRAMPOR, por ser uma multinacional com sede nos EUA, os seus investimentos na digitalização e automação tem vindo, prioritariamente, de lá. E a mesma não se beneficia de nenhum programa português ou europeu.

No entanto, no aspecto dos colaboradores, essa indústria garante que nenhum funcionário foi demitido porque sua função deixou de existir. Há sempre incentivo para que os colaboradores se qualifiquem e assumam novas posições dentro da empresa. Além disso, o Engenheiro defende que “a empresa está sempre a contratar e continua com postos de trabalho livres a serem preenchidos por novos colaboradores, humanos”.

Até então, no que diz respeito as dificuldades encontradas, foram relatadas:

- Dificuldade na coleta de dados no início da digitalização;
- Ferramentas e equipamentos sem manuais;
- Ferramentas e equipamentos com manuais em mau estado de conservação.

Porém, apesar da coleta de dados acontecer numa fase inicial da implementação, quando outros setores ou áreas começam a ser inseridos na estratégia de digitalização, as dificuldades voltam a aparecer. Além disso, não havia, até então, um objetivo claro do que se desejava. O objetivo é, inclusive, um ponto bastante contraditório porque ele está sempre mudando, seja porque a conceito não funcionou, seja porque foi alcançado e é preciso evoluir ainda mais. “Para lidar com os objetivos é preciso ter mente aberta”, afirma o Engenheiro.

O Engenheiro Paulo Carvalho ainda define, hoje, que duas grandes dificuldades na empresa consistem:

1. Na falta de recursos internos dedicados exclusivamente a Indústria 4.0, seja na busca, no desenvolvimento ou na implantação de seus conceitos, sendo que as equipes de

engenharia e produção que ficam a cargo disso, tendo se dividido com as tarefas rotineiras de suas áreas.

2. No desenvolvimento de sistemas mais autônomos que auxiliem na tomada de decisão. Os sistemas atuais recebem, tratam e enviam os dados, mas ainda não são capazes de resolver nenhuma problemática.

Em relação aos resultados obtidos com a implementação, pode-se citar:

- Análise de capacidade do processo;
- Eliminação de erros de leitura, uma vez que os equipamentos de medição se comunicam com o computador;
- Redução dos erros de cálculo e de representação;
- Rapidez de Processo pela automatização e leitura direta no sistema;
- Maior eficiência do departamento de planeamento, devido à transferência de algumas atividades para as linhas de produção;
- Inventário em tempo real e ao lote.

Além disso, a empresa faturou em 2017 cerca de 27,6 milhões de euros e tem crescido cerca de 20% ao ano. Desde 2014, quando já havia decidido implementar a Indústria 4.0, investiu cerca de 5,3 milhões de euros com o objetivo de melhorar as condições dos colaboradores e melhorar a capacidade de produção com a adoção de novos equipamentos e tecnologias.

4.3.6. Renault Cacia

A Renault Cacia é uma fábrica de órgãos e componentes da indústria automotiva e pertence ao Grupo Renault. A empresa possui metodologias avançadas em seu processo produtivo e na implementação da industrialização de novos projetos. Em 2019, Miguel Teixeira, diretor de Sistemas de Informação & Fabrico Digital, foi desafiado a criar uma fábrica modelo com o objetivo de testar vários aceleradores tecnológicos (Renault Cacia, 2018).

A unidade situada em Aveiro é a segunda maior fábrica de componentes automotivos em número de colaboradores em Portugal. Atualmente, exporta sua produção para 14 países e tem orgulho em dizer que não há nenhum Renault a circular no planeta que não tenha pelo menos uma referência com origem na unidade dos arredores de Aveiro.

A Renault possui um centro de inovações destinado a todo o Grupo que estuda as novas tecnologias e as boas práticas do mercado automotivo. Além disso, cada filial Renault possui núcleos de pesquisa próprios destinados a estudos locais e, também, são motivados pelo grupo central. São esses centros de pesquisa que realizam o diagnóstico inicial antes de implementar algum conceito da Indústria 4.0.

O Engenheiro Ricardo Brito, Business IT Process Digital da Renault Cacia, relata que antes de implementar uma nova tecnologia é realizada uma POCs (Prove Of Concepts), que tem como objetivo testar na vida real a solução proposta. Há, também, uma avaliação do impacto da implementação do novo processo ou ferramenta em todas as áreas envolvidas.

Durante o processo de implementação são gerados fluxos de dados, documentos novos, alteração de documentos e atualização dos atuais para certificar que o processo será compreendido e seguido por todos. Esses documentos criados são chamados de FOS (Folhas de Operação Standard), que são utilizados para os treinamentos dos colaboradores.

Com o auxílio de fornecedores de soluções e tecnologias, o conceito de Indústria 4.0 na Renault Cacia foi inserido, inicialmente, nos seguintes âmbitos: Fabricação; Produção; Logística; Qualidade; e Manutenção dos meios, sendo as primeiras tecnologias implementadas a AGVs (*Automatic Guided Vehicle*), Sistemas integrados, *Cyber Security*, Nuvem, *Big data*, *Machine learning*, Análise preditiva e Realidade Aumentada.

O Engenheiro Ricardo Brito elenca que os sistemas de gestão utilizados são: ERP, Programação logística de necessidade e Produção integrada. Enquanto os aplicativos ou plataformas para envio de dados são: Azure Microsoft e Amazon.

No entanto, em relação a troca de dados, o Engenheiro conta que “a mudança de cultura é grande e difícil de ser implementada”, por isso a integração digital ainda está em curso. O mesmo serve para o controle e tratamento dos dados que ainda está em fase de implementação. Contudo, segundo o Engenheiro, a empresa é “open mind” e está aberta para todos sugerirem melhorias na cadeia de valor.

Em relação as empresas parceiras, a Renault Cacia possui mais de 10 parceiros que variam conforme a tecnologia e aplicabilidade. A Microsoft, Cmajor e diversas Startups são exemplos disso.

Além dos parceiros, um outro fator externo é o apoio proveniente de incentivos financeiros e fiscais. A Renault Cacia acredita que é fundamental para implementação da

Indústria 4.0 obter apoio do Governo, por isso, está em fase de apresentação da proposta para o Programa Portugal 2020.

Vale ressaltar que a empresa possui cerca de 1.400 colaboradores e não há histórico de demissão porque alguma função deixou de existir. Há sempre a opção de recolocação em uma outra função e a empresa apresenta postos de trabalho desocupados por falta de mão de obra qualificada, tendo sido, além disso, criados três novos postos de trabalho com a Indústria 4.0, sendo eles a monitorização dos meios, a gestão de fluxos de robots e o digital transformation office.

Quanto as dificuldades encontradas, foram descritas o levantamento de dados para diagnóstico inicial, a integração digital, a mudança de cultura e o receio por parte dos colaboradores. Miguel Teixeira, Head of Information Systems & Technologies & Digital Manufacturing da Renault Cacia explica que “toda a inovação que implementamos é para as pessoas”.

A Renault tem tido resultados satisfatórios e tem estado entusiasmada com a integração das máquinas com as pessoas e a coleta de dados para futuras implementações de melhorias de processos. Um dos objetivos da empresa é “Saber guiá-las, treiná-las, ajudá-las, melhorar a sua produção, dar-lhes acesso aos indicadores, de forma cada vez mais preditiva”, enfatiza Miguel Teixeira (INEGI, 2019)

4.3.7. Siemens

Durante o processo de pesquisa desta Dissertação surgiu a oportunidade de realizar uma visita a Siemens, empresa com *expertise* no desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas para digitalização e automação, o que contribuiu ainda mais para o entendimento dos processos, tecnologias e ferramentas a serem utilizadas na implementação da Indústria 4.0.

A Siemens está presente em Portugal há mais de 112 anos com o desenvolvimento de infraestruturas nas áreas de energia, indústria, mobilidade e tecnologias para edifícios. Sempre pensando no futuro e num mercado globalizado, a empresa tem investido em eletrificação, automação e digitalização (Siemens, 2019).

Essa gigante investiu nos últimos anos em empresas de *software* para acompanhar as mudanças globais que estão surgindo a fim de encontrar soluções que

aumentem a produtividade e melhore o processo de produção integrando toda a cadeia de valor, afirma o Dr. Antônio Mira, Diretor Geral da Área Indústria da Siemens S.A.

Nem sempre a decisão de implementar os conceitos da Indústria 4.0 surgem da própria empresa. A Siemens tem como propósito levar solução a todos os tipos de cliente, respeitando sua identidade, seu ambiente único e sua capacidade financeira. Em 2018, inaugurou em Lisboa o *iExperience Center 4.0*, que tem como objetivo desenvolver e demonstrar tecnologias, produtos e soluções para a cadeia de valor das empresas.

O Engenheiro João Queiroz, um dos responsáveis pelo projeto, tem promovido arduamente a Indústria 4.0 em diversos setores, dentro e fora do país e garante que as empresas que visita ou que visitam o *iExperience Center 4.0* não tem ideia da quantidade de soluções que podem introduzir dentro de suas fábricas. A Siemens oferece o serviço de consultoria onde realiza:

- Análise dos KPI, indicadores de performance e avaliação dos pontos críticos;
- Visita de dois dias para avaliar o grau de maturidade, diagramas macro, indicadores, comparativo com outras empresas do mercado;
- Identificação de iniciativas e priorização de projetos;
- Avaliação técnica e comercial, detalhes do projeto e análise do retorno;
- Estudo, roteiro, cronograma e plano de implementação.

A implementação vem em seguida, sempre progressiva, respeitando a empresa, os colaboradores e toda a cadeia de valor envolvida. Para a Siemens as primeiras tecnologias a serem adotadas numa proposta de implementação da Indústria 4.0 são:

- IoT, porque através de dispositivos eletrônicos é possível a recolha e troca de dados flexibilizando o acesso e controle em todo o processo produtivo;
- Sistemas integrados, para troca de informações e tomada de decisões de forma mais rápida e eficiente;
- Simulação, reproduz o mundo real, sendo possível que os produtos e processos sejam testados através de um mundo virtual;

- *Big data*, para suportar a tomada de decisão em tempo real é necessária a recolha, análise, validação e armazenamento dos dados.

A Siemens avalia que o mínimo que a empresa deve possuir é um ERP, um Sistema Integrado de Gestão Empresarial que controla todas as informações, como dados, recursos e processos de todas as áreas da empresa (produção, vendas, logística, etc).

Contudo, ela lançou um sistema operacional aberto em nuvem baseado na Internet das Coisas que possibilita a conexão entre as infraestruturas físicas e o mundo digital. O sistema é chamado de *MindSphere*, Figura 4.4., e roda em nuvem, sendo considerado uma plataforma de aplicativos e serviços que permite conectar produtos da Siemens e de terceiros e gerar a conexão dos seus recursos de forma direta, fácil e de qualquer lugar. O *MindSphere* dispõe de aplicativos digitais, possibilitando que os clientes industriais tomem decisões com base nas informações recebidas, armazenadas e analisadas nesta plataforma.

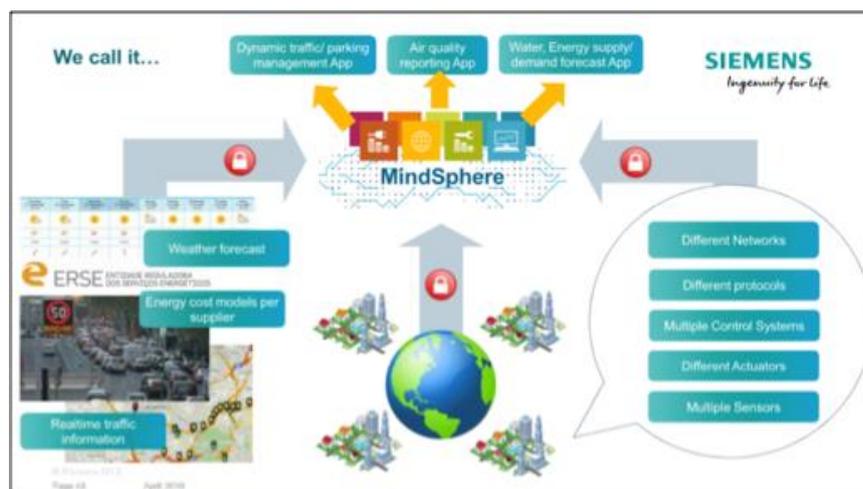


Figura 4.4. Apresentação Siemens: MindSphere

Fonte: Siemens, 2019

Além disso, a Siemens tem criado parcerias (Figura 4.7.) com diversas empresas envolvidas nos conceitos da Indústria 4.0. As empresas vão desde Consultorias, Tecnologias da Informação, Robótica, *Software*, Dispositivos eletrônicos, entres outras, para que junto com as soluções, ferramentas e produtos Siemens, se enquadrem no perfil do cliente.

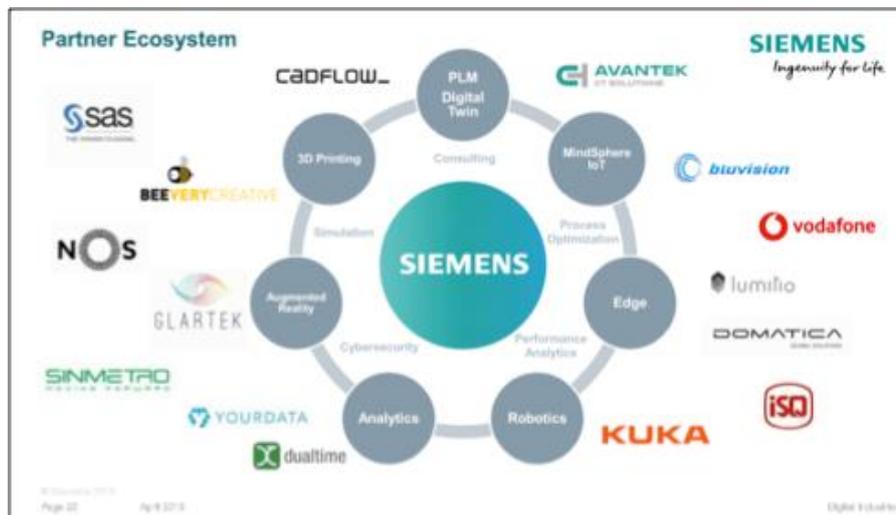


Figura 4.5. Apresentação Siemens: Parceiros

Fonte: Siemens, 2019

Apesar da Siemens possuir muitas soluções em diversas vertentes da Indústria 4.0, muitas delas tem um valor de investimento alto para as pequenas e médias empresas, por exemplo, ou para iniciar o teste de um processo. Contudo, isto não é um obstáculo para implementar a solução. A Siemens, através de seus parceiros, encontra a tecnologia que agrega resultados positivos com valores acessíveis a fim de serem introduzidas naquele ambiente de orçamento mais reduzido.

Além disso, a empresa tem demonstrado preocupação em fazer esses fundos chegarem às pequenas e médias empresas, que correspondem a 90% das empresas do país, e acredita que se essas empresas não iniciarem o processo de transformação para 4.0, em cerca de cinco anos irão desaparecer do mercado. Por esta razão que em suas apresentações e reuniões com diferentes tipos de empresas a empresa relata as seguintes preocupações:

- A falta de informação, seja sobre as tecnologias disponíveis, processos, ferramentas e sistemas de gestão;
- A pouca divulgação da cultura 4.0 nas empresas, nas universidades e nos centros de formação.

Os dois pontos citados acabam por gerar uma série de outras dificuldades que prejudicam desde as empresas e os colaboradores, como também a economia do país e, num futuro próximo, se não for tomado providências, a vida de milhares de pessoas, que não terão onde trabalhar devido ao fechamento das indústrias que não acompanharem o mercado e que acabarão por perder seu espaço.

5. RESULTADOS

Após o estudo bibliográfico, os inquéritos, as entrevistas e as visitas realizadas, pode se chegar a conclusão que a implementação dos conceitos Indústria 4.0 não possui, atualmente, fórmula. Contudo, o objetivo, muitas vezes, é o mesmo: aumentar a produtividade e entregar valor ao cliente o mais rápido possível, devendo-se sempre considerar o fato de que cada empresa é única, com seu chão de fábrica respectivo, equipes, processos e particularidades.

Mesmo assim, o objetivo deste estudo foi a criação de um modelo conceitual para implementação da Indústria 4.0 que pudesse auxiliar as empresas que pretendem se transformar em busca da Quarta Revolução Industrial.

O modelo conceitual, ilustrado mais a frente (Figura 5.3.), foi criado para ser o mais genérico possível, de forma a adequar-se a empresas de qualquer atividade, tamanho, estrutura, volume e capital, sendo dividido em nove fases, onde cada fase pode apresentar quatro entidades, sendo elas:

- **Empresa:** São as ações tomadas pela empresa, sobretudo pelas equipes de gestão à frente do projeto;
- **Colaboradores:** São ações específicas que envolvem os colaboradores, independentemente de sua área e função;
- **Parceiros:** São ações que precisam, ou são melhor aproveitadas, com o auxílio de parceiros. Seja parceiro cliente, para transmitir informações à empresa, seja parceiro fornecedor, disposto a estar conectado e compartilhar conhecimento, seja algum parceiro facilitador, que entrega solução de acordo com a necessidade da empresa;
- **Apoiadores:** São os programas de incentivo fiscal ou financeiro, geralmente financiados pelo Governo. Podem ser também parcerias com centros de pesquisa, centros de formação ou universidades.

Já as oito fases do modelo conceitual são: Gestão; Identificar; Entender; Mapear; Definir; Planejar; Transformar; e, Melhorar. Todas as fases serão detalhadas e caracterizadas a seguir.

5.1. Gestão

A **gestão** empresarial é um conjunto de medidas que tem como objetivo conquistar melhores processos e resultados em uma organização, que por sua vez apresenta no seu conceito um grupo de pessoas que trabalham com um objetivo em comum. É interessante que dentro dessa estrutura organizacional existam ferramentas como:

Estratégia Organizacional: através dela é definida quais são os objetivos da empresa, como esses objetivos serão alcançados e como a organização os deve executar.

Governança Corporativa: uma nova visão para acompanhar o mercado atual, competitivo e globalizado que tem como valores especiais a transparência, a equidade, a prestação de contas e a responsabilidade corporativa em prol do compromisso organizacional aliado ao esforço coletivo.

Assim, nessa primeira fase, decidiu-se por definir esses dois conceitos acima citados como essenciais para dar início a implementação da Indústria 4.0, conforme a Tabela 5.1., dentro de qualquer empresa.

Tabela 5.1. Fase Gestão

FASE	EMPRESA
Gestão	Estratégia Empresarial
	Governança Corporativa

Essa decisão se deu pelos seguintes fatores:

1. Durante o Inquérito da Maturidade percebeu-se que as empresas que possuem métodos de gestão através de sistema de indicadores (Tabela 4.3.), sistemas integrados (Tabela 4.3) e integração vertical (Tabela 4.4) para monitorizar os processos tiveram melhores classificações quanto a nível de maturidade;

2. No Estado da Arte, o estudo de Telukdarie et al. (2018), propõe como iniciativa um sistema ERP a fim de integrar todos os dados da empresa com transparência e facilitar a comunicação;

3. A Siemens, no Estudo de Caso, também defende um Sistema Integrado de Gestão Empresarial que controle todas as informações, envolvendo todas as áreas da empresa, como o mínimo que uma organização deve possuir para iniciar a implementação da Indústria 4.0.

Por isso, a fase inicial do modelo conceitual traz a **gestão**, ponto de partida para a implementação da Indústria 4.0, de forma a garantir que a empresa tenha presente na sua rotina os conceitos de planejamento, organização, liderança e controlo dos recursos disponíveis na organização.

5.2. Identificar

A criação dessa fase surgiu com o objetivo das empresas serem “*open mind*” e acreditarem no potencial das ideias de seus **colaboradores** e de **outras empresas**, sejam elas parceiras ou não, e que podem ser justificadas pelos seguintes relatos:

1. No estudo de caso do Grupo PSA, é relatado que a ideia da Indústria 4.0 surgiu da necessidade de integrar horizontalmente a linha de produção com toda a cadeia de valor;

2. Ainda no estudo de caso do Grupo PSA, é exposto que quando a empresa detecta alguma carência ou problema ela procura outras empresas para trabalhar em conjunto em busca de soluções;

3. A SRAMPORT, através de reuniões periódicas onde são bem-vindas sugestões de melhoria e apontamento de falhas, observou a necessidade de coletar os dados dos equipamentos, derivando disto a digitalização e integração dos sistemas.

4. Nem sempre a decisão surge da própria empresa, a Siemens oferece serviços de análise de desempenho, visitas para avaliação de maturidade com diagramas e indicadores, além de avaliação técnica e comercial com roteiro para implementação da Indústria 4.0.

Sendo assim, a fase de identificação apresenta duas ações interligadas a outras entidades, conforme a Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Fase Identificar

FASE	EMPRESA	COLABORADORES	PARCEIROS
Identificar	Carência de novos sistemas, ferramentas ou tecnologias	Reuniões periódicas onde os colaboradores apresentam suas dificuldades e ideias	
	Sugestão de inserir novas tecnologias ou ferramentas.		Parceiros que trazem soluções para a empresa. P.e.: através de consultorias

O mais importante dessa fase é a **participação dos colaboradores** que conseguem **identificar** no dia a dia as **falhas e melhorias** ligadas aos seus processos e a abertura para que outras empresas possam trazer soluções.

5.3. Entender

Essa fase é uma consequência imediata da fase anterior, ela foi criada para **os problemas levantados serem discutidos** e entender o impacto da solução *versus* a motivação da empresa, conforme a Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Fase Entender

FASE	EMPRESA	COLABORADORES
Entender	Discussão dos problemas levantados e a motivação para alcançar resultados	Reunião para apresentação das informações e objetivos

Essa fase se justifica com o objetivo de enquadrar os **problemas e as motivações** que justifiquem as empresas a implementarem a Indústria 4.0. No Inquérito da Maturidade verificou-se que 83% das empresas avaliadas são motivadas a se transformarem pela busca da redução de erros e de custos e pela flexibilização da produção, conforme a Figura 5.1.

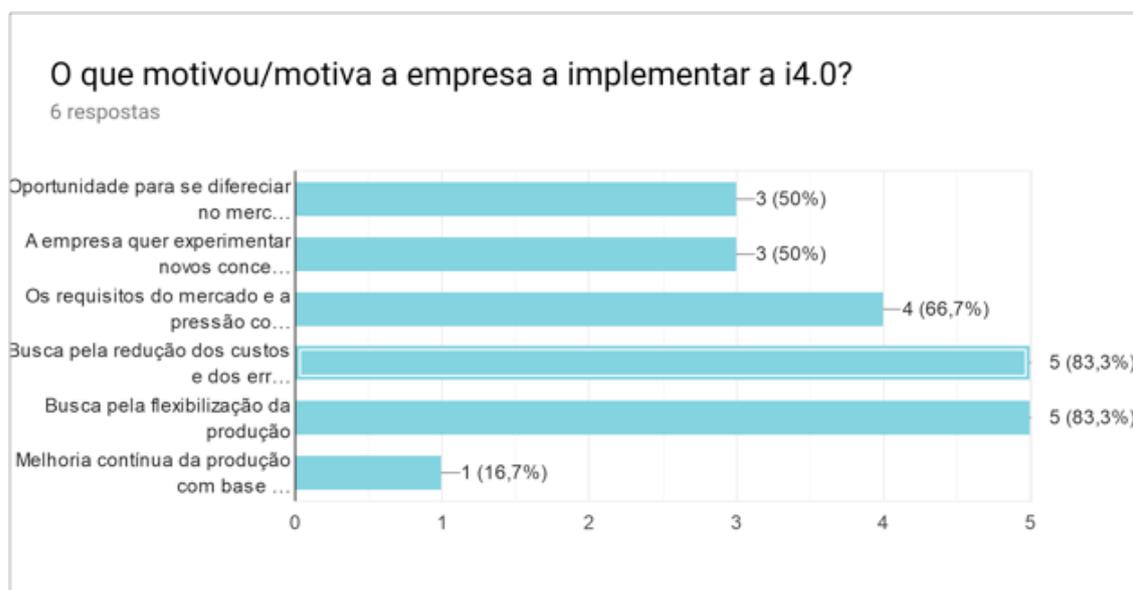


Figura 5.1. Motivações das empresas em implementar a Indústria 4.0

Um exemplo de resultado de motivação é a implementação da tecnologia RFID, um método acessível e barato com a finalidade de digitalizar as operações da Bosch Car Multimedia através da identificação de objetos por radiofrequência. Por fim, nessa fase já é possível olhar para trás e perceber a importância da Estratégia empresarial juntamente com a Governança corporativa de forma a ter todos os objetivos da empresa definidos e transparentes.

5.4. Mapear

O mapeamento da situação da empresa tem por objetivo **analisar o estado atual** e **criar um *layout*** através da **coleta de informações** de todos os equipamentos, sistemas, ferramentas, colaboradores e demais processos que possam contribuir com dados de produtividade, parâmetros, manutenção, eficiência, etc, além disso é importante realizar um **inquérito de maturidade** para perceber qual o estado de desenvolvimento da Indústria 4.0 dentro da empresa.

O envolvimento dos colaboradores nessa fase é de extrema importância, uma vez que eles detêm muita informação, por isso é interessante reuniões dedicadas à apresentação de documentos, fichas técnicas, *layouts* e dados relevantes, como pode ser visto na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Fase Mapear

FASE	EMPRESA	COLABORADORES
Mapear	Análise inicial da situação	Reunião para apresentação das informações e objetivos
	Coleta de dados – equipamentos, sistemas, ferramentas, colaboradores e processos	
	Inquérito de Maturidade	
	Elaboração de Layout atual	

Na proposta de Coelho et al. (2017), para a criação de fundamentos básicos para a implementação dos conceitos da Indústria 4.0, e nas premissas levantadas pela TOTVS para implantação da Indústria 4.0, ambos estudos do Estado da Arte, citam a elaboração do *layout* da empresa e o levantamento de informações sobre o processo produtivo, produtos, máquinas, equipamentos, documentação de manutenção e sugestões de melhorias como as primeiras atividades a serem executadas.

Ainda no Estado da Arte, o estudo de Santos (2018), defende que a implementação da Indústria 4.0 se inicia com uma análise da situação atual da empresa, tanto em relação as tecnologias que a empresa utiliza, quanto em relação ao *layout* que estão inseridos seus processos, assim como a compilação de todas as informações relevantes para a cadeia de valor.

Nas empresas do Estudo de Caso, Grupo PSA, Renault Cacia e SRAMPORT, há a coleta de dados e elaboração de *layout* inicial como primeiros passos, sendo que no Grupo PSA, para além disso, ainda há uma pesquisa de mercado inicial sobre as soluções feita por equipas internas. Enquanto isso, a SRAMPORT relata que essa fase por vezes apresenta alguma dificuldade, pois equipamentos antigos nem sempre tem os seus manuais encontrados e, quando são encontrados, as vezes não estão em um bom estado de conservação.

5.5. Definir

A fase da definição, em partes, pode aparentar alguma semelhança à fase da identificação, contudo, ela é mais específica, já que traz para **suas ações, objetivos e soluções** singulares através da **empresa, parceiros e apoiadores**.

Conforme a Tabela 5.5., são definidos nessa fase os apoiadores que podem comparecer com recursos financeiros ou fiscais, no caso de **programas** governamentais; ou, então, com **recursos** intelectuais oriundos de centros de formações, universidades e politécnicos. Os parceiros nessa fase devem entregar a solução específica a qual desenvolveram a fim de solucionar o problema levantado anteriormente.

Tabela 5.5. Fase Definir

FASE	EMPRESA	PARCEIROS	APOIADORES
Definir	Definição dos objetivos	Parceiros para fornecer tecnologia, ferramentas e soluções	Apoios e Incentivos financeiros, fiscais e intelectuais
	Definição das soluções a serem implementadas		

A criação dessa fase se deu pela constatação de situações como:

1. A Revigrés tem apontado como desafio a cooperação e parcerias com universidades, centros tecnológicos e outras empresas para encontrar soluções diferenciadas, enfrentar os desafios e vencer as oportunidades do mercado;

2. O Grupo PSA de Mangualde integra o Comité Estratégico da Iniciativa da Indústria 4.0 onde se beneficia de diversos programas financeiros que trazem resultados, desde o desenvolvimento de projetos de inovação dentro da empresa até a influência no crescimento do PIB nacional;

3. Ainda sobre o Grupo PSA, há uma parceria desenvolvida em consórcio com três universidades e cinco parceiros tecnológicos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas como robôs, Internet das Coisas e realidade aumentada;

4. A Renault Cacia está em fase de proposta para o Programa Portugal 2020 pois acredita que o apoio proveniente do Governo é indispensável para o sucesso da implementação da Indústria 4.0;

5. A Bosch Car Automotive vem desenvolvendo um projeto que tem como objetivo construir o futuro da mobilidade e por isso conta com apoio da Universidade do

Minho, da União Europeia, 400 engenheiros e investigadores, além de mais de 50 milhões de euros;

6. A Siemens surge como um potencial parceiro nessa fase pelo fato de identificar as iniciativas necessárias, além de estudar, planejar e implementar as soluções propostas;

7. Além disto, sabendo que muitas das suas tecnologias oferecidas possuem um investimento alto, a Siemens tem criado parcerias com diversas empresas envolvidas nos conceitos da Indústria 4.0 de forma a agregar resultados positivos com valores acessíveis em ambientes de orçamento reduzido.

5.6. Planejar

O conceito do planejamento está ligado ao ato de executar ações que foram estrategicamente programadas a fim de atingir um propósito. Poderia ser dito que todos os passos que foram realizados fazem parte do planejamento, e que de fato fazem. Contudo, mediante a alguns aspectos semelhantes em sua natureza, decidiu-se por criar esta fase de forma que as soluções a serem implementadas na próxima fase corram da melhor forma possível, e para isso se faz necessário não só **planejar as ações**, mas **preparar** quem irá se relacionar com elas.

Sendo assim, como é possível observar na Tabela 5.6., a **simulação** e a **elaboração de novos fluxogramas** foram relacionados à **formação dos colaboradores**.

Tabela 5.6. Fase Planejar

FASE	EMPRESA	COLABORADORES
Planejar	Elaboração de novos fluxogramas	Formação para todos os colaboradores
	Simulação	

Em vários estudos de casos foram relatados a preocupação com os colaboradores, seja no sentido de haver esclarecimento sobre o que é de fato a Indústria 4.0 e como ela vai acontecer, seja pelo medo deles próprios de perderem suas funções ou de não acompanharem as transformações, como pode-se observar nos casos abaixo:

1. No estudo de Frank et al., (2019), presente no capítulo do Estado da Arte, apresenta-se uma preocupação em relação aos colaboradores serem substituídos por robôs, outras exigem novos perfis e formações, com novas habilidades e competências para se integrarem a nova realidade;

2. No projeto de Schöder et al. (2015) e da TOTVS (2018), identificou-se, também, a falta de mão de obra qualificada e a necessidade de capacitar os operadores relacionados aos sistemas automatizados;

3. No estudo da Collabo (2016) acredita-se que as empresas exigirão colaboradores mais adaptáveis as transformações já que a relação entre homem e máquina vem sendo alterada.

Além disso, no Inquérito de Maturidade, levantou-se a questão sobre a preocupação em relação ao bem-estar, a saúde, a capacitação e a recolocação dos colaboradores, onde verificou-se que 83% das empresas possuem programas de capacitação para os colaboradores. Contudo, apenas 50% das empresas possuem programas para recolocação daqueles que perderam seus postos de trabalho para máquinas ou robôs, conforme Figura 5.2.

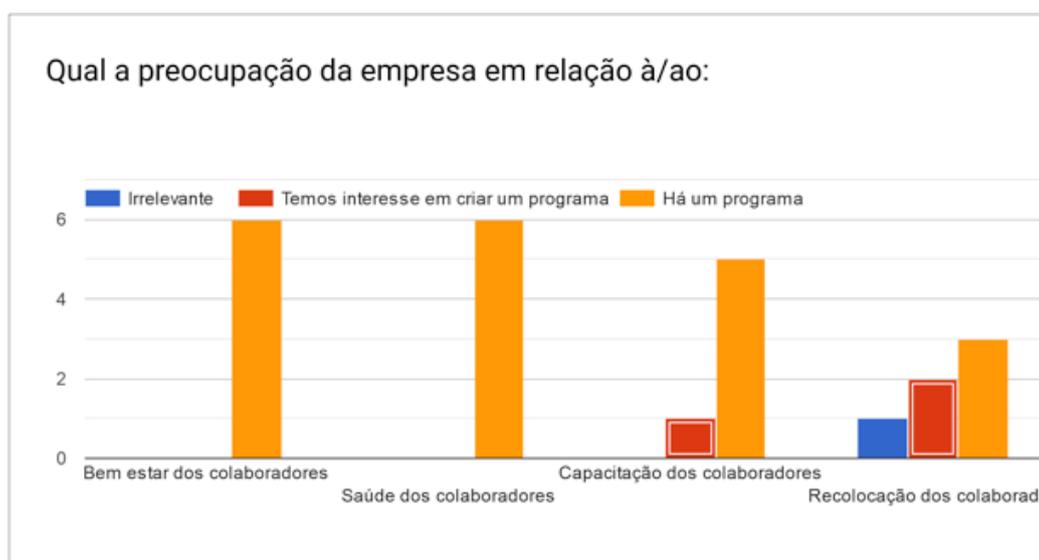


Figura 5.2. Preocupação com os colaboradores

Por isso, o modelo conceitual sugere nessa fase que sejam feitos novos fluxogramas e simulações a serem apresentados aos colaboradores através de seminários ou

sessões de esclarecimentos, de modo a **informar e preparar a empresa**, como um todo, para as transformações que estarão por ocorrer.

5.7. Transformar

Como dito neste trabalho, a implementação da Indústria 4.0 não corresponde a mudanças, mas sim, a **transformações**. E é nesse sentido que essa fase se apresenta. As transformações são identificadas em todas as entidades durante o processo de implementação das soluções, sendo gradual e contínuo, conforme a Tabela 5.7.

Tabela 5.7. Fase Transformar

FASE	EMPRESA	COLABORADORES	PARCEIROS	APOIADORES
Transformar	Integração vertical	Formação para todos os colaboradores	Parceiros dispostos a se conectarem com a empresa	Apoios e Incentivos financeiros e fiscais
	Integração horizontal			
	Integração digital	Recolocação dos colaboradores que perderam seus postos de trabalho	Todos os parceiros	
	Simulação com as soluções propostas			
	Implementação das soluções			

Considerando que:

Empresa: através da integração vertical, horizontal e digital, das simulações com as soluções propostas e da implementação das outras soluções.

Colaboradores: os processos de formação e recolocação continuam presentes nesta etapa para garantir que não haja dúvidas e nem receios quando a implementação da Indústria 4.0.

Parceiros: as empresas parceiras se fazem presente nessa fase com o objetivo de ajudarem na implementação, como também se integram horizontalmente a cadeia de valor.

Apoiadores: continuam a apoiar a empresa no que se propuseram, financeiro, fiscal ou intelectualmente.

Com a finalidade de caracterizar os processos que compõe esta fase, considerou-se:

1. No estudo de Ribeiro (2017), julgou-se como início da implementação três características principais: a Integração vertical, priorizando o fluxo de dados entre os diferentes setores; a Integração horizontal, buscando a flexibilidade através de sistemas de produção em rede; e Integração digital, através da *Cloud*, que recebe e trata os dados;

2. Na Tabela 4.3.: Estratégia, estrutura, e cultura organizacionais, do Inquérito da Maturidade, é possível identificar que as empresas que possuem uma integração de sistemas em estado de implementação avançada são as que possuem os maiores níveis de maturidade;

3. Na pesquisa de Frank et al. (2019), é concluído que as empresas em estágios mais avançados estão liderando todas as tecnologias e não algumas específicas, além disso, estão sempre a agregar soluções tecnológicas;

4. No estudo de Coelho et al. (2017), depois da integração digital, observou-se a ocorrência da simulação do processo produtivo através de ferramenta computacional permitindo a análise em ambiente virtual;

5. A Bosch acredita que o desafio é interligar vários sistemas às ações internas e externas à empresa, pois é primordial ter informações em tempo real;

6. Ainda sobre a Bosch, a empresa vem implementando os nove pilares da Indústria 4.0, enquanto que os robôs autônomos e a *cyber security* já estão em estágio avançado;

7. Para a Siemens, o início da implementação se dá através dos 4 pilares: Sistemas Integrados para troca e controle das informações; Internet das Coisas para coleta e troca de dados; *Big Data* para suportar a tomada de decisão em tempo real; e Simulação para reproduzir o mundo real no virtual.

5.8. Melhorar

Mesmo após todo o estudo bibliográfico, do estado da arte, dos casos apresentados, é muito difícil classificar uma empresa 100% implementada na Indústria 4.0, devido principalmente ao fato de sempre haver novas soluções, tecnologias e ferramentas em surgimento, que visam solucionar ou melhorar os processos produtivos atuais.

Dentro desse contexto se apresenta a Tabela 5.8. de forma a entender que a empresa não deve parar após a implementação de alguma solução ou algum pilar da Indústria 4.0, é sempre interessante, e importante, estar a receber **sugestões de melhorias e *feedbacks* dos colaboradores e parceiros.**

Tabela 5.8. Fase Melhorar

FASE	EMPRESA	COLABORADORES	PARCEIROS
Melhorar	Análise dos resultados	<i>Feedback</i>	Evolução das tecnologias, ferramentas e soluções
	Novas soluções	Apresentação de melhorias	
	Novos fluxogramas		
	Simulação de novas soluções propostas		
	Implementação de novas soluções		

Para isso, considerou-se:

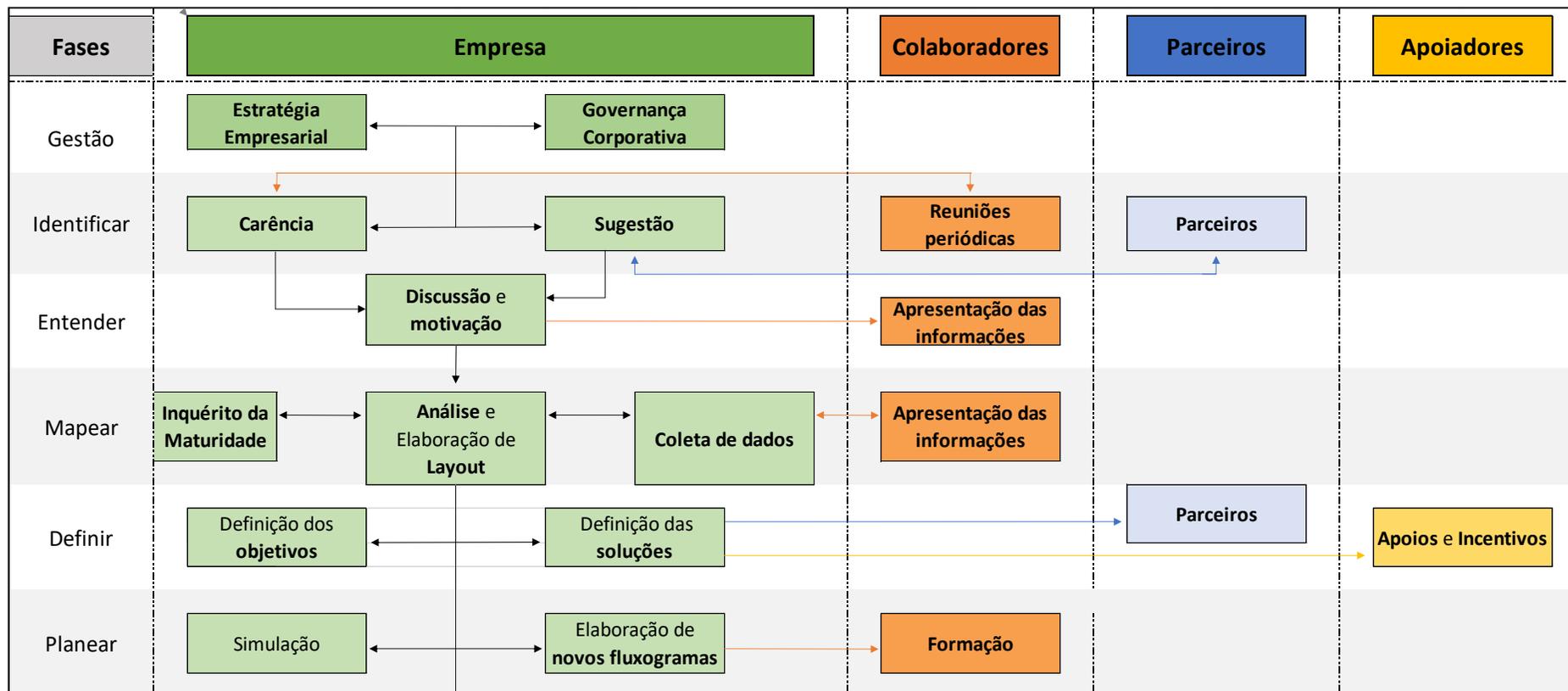
1. No Grupo PSA, as áreas impactadas pelo início da implementação da Indústria 4.0 estão sempre se beneficiando da evolução de seus processos, da criação de novos fluxogramas e da modificação de seus *layouts* através de equipes internas e externas. Mesmo após encontrar soluções eficazes há sempre a busca pelo aperfeiçoamento da planta através da melhoria contínua;

2. Telukdarie et al., (2018) acredita que o desenvolvimento de ferramentas para classificar e repostar os dados deve ter, também, a capacidade de criar KPIs, relatórios e variáveis, envolvendo sempre a simulação para avaliar cenários diferentes;

3. No estudo de Santos (2018) ele defende que depois do estudo da situação atual, introdução de novas tecnologias, integração digital e a união de todas as áreas e processos, a implementação não está concluída e deve-se sempre buscar pela melhoria contínua através da simulação, onde sugere-se novas soluções.

Sendo assim, conclui-se a caracterização das oito fases e apresenta-se o modelo conceitual proposto para implementação da Indústria 4.0, através da Figura 5.3.

RESULTADOS



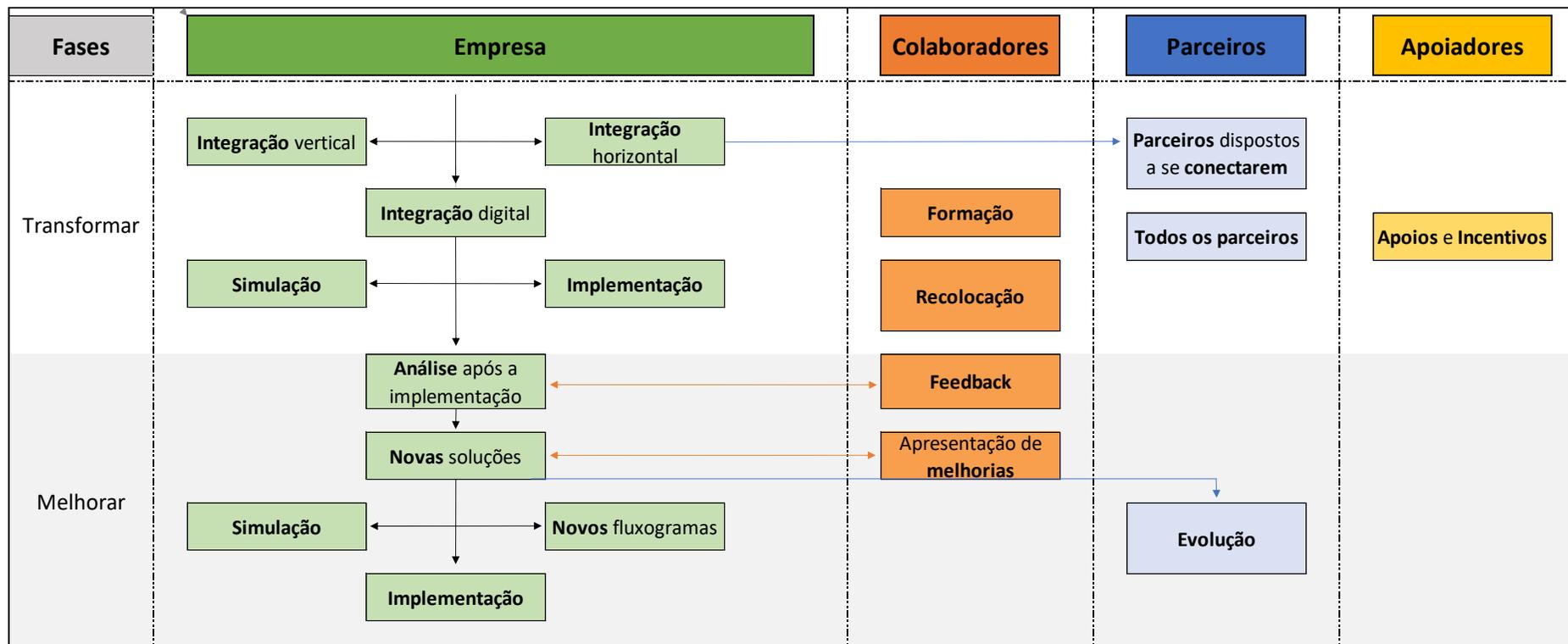


Figura 5.3. Modelo Conceitual final

6. CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, pode-se concluir que a chegada da Indústria 4.0 é inevitável e que será responsável por alterar de forma significativa o ambiente industrial e empresarial existente, estando seus conceitos e práticas já bastante inseridos no contexto industrial atual.

Embora o tema escolhido tenha sido apropriado e bastante promissor, ao longo do desenvolvimento deste trabalho a coleta de informações acabou por se tornar bastante desafiadora, já que, apesar de haver informação teórica disponível, poucas eram de livros e artigos científicos, além das empresas demonstrarem alguma relutância em expor as práticas por elas adotadas para a implementação da Indústria 4.0, dificultando em partes o entendimento do assunto na prática.

Além disso, embora muitas das empresas portuguesas já estejam empenhadas em desenvolver e aplicar esses novos conceitos, muitas outras, a grande maioria, e especialmente as médias e pequenas empresas, como já dito neste trabalho, permanecem muito distantes dessa realidade, o que comprova as dificuldades que elas ainda encontram para realizar a implementação, seja por motivos financeiros, falta de apoios, ou por dificuldade de adequar essa realidade em seus processos produtivos.

A partir disso, a busca por outras fontes de pesquisa para permitir a construção do modelo conceitual foi fundamental, que só foi possível ser gerado graças a combinação de todas as fontes de estudo e informação citadas ao longo de toda a dissertação e que acabaram por gerar um resultado satisfatório.

Dessa forma, espera-se que o modelo aqui desenvolvido seja validado e possa futuramente contribuir para a implementação na Indústria 4.0 nas empresas, além de se tornar uma fonte de informação e estudo sobre este tema tão recente. Por fim, como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se a aplicação do modelo em uma realidade prática a fim de se verificar sua funcionalidade e validá-lo concretamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, T.D., Cavalcante, C.G., & Fetterman, D. d. (2017), “Indústria 4.0: Tecnologias e Nível de Maturidade de suas aplicações.”, 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto. São Paulo.

Aristóteles. (1984), “Metafísica”. São Paulo: Abril Cultural.

Audaces. (2017), “O Profissional da Indústria 4.0”. Brasil

Bikom. (2016), “Implementation Strategy Industrie 4.0: Report on the results of the Industrie 4.0 Platform”. Frankfurt. Alemanha.

Boettcher, M. (2015), “Revolução Industrial – Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0”.

Borlido, D. J. (2017), “Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção”. Pág. 77.

Bosch. (2019), “Tecnologia limpa e amiga do ambiente”. Bosch, Portugal, em <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/bosch-em-portugal/>

Brandão, A. M. (2018), “As mudanças no chão de fábrica. Indústria 4.0 implicações de um conceito para o trabalho”. X Encontro Nacional do Trabalho. Pág. 12.

Centro de Computação Gráfica (2018), “Fecho do programa Innovative Car – Human Machine Interface”, em <http://www.ccg.pt/innovative-car-human-machine-interface-ic-hmi/>

CIP – Confederação Empresarial de Portugal (2016), “O conceito de reindustrialização, Indústria 4.0 e a política industrial para o século XXI – o caso português”. Leiria, Portugal.

CNI – Confederação Nacional da Indústria (2016), “Indústria 4.0”. Sondagem Especial. Brasil.

Coelho, J.M., Katayama, M. T., & Seguchi, H. M. (2017), “Gestão Avançada como fundamento para Implantação de conceitos da Indústria 4.0”. Simpósio de Engenharia de Produção. Goiás, Brasil.

Coelho, P.M. (2016), “Rumo à Indústria 4.0”. Pág. 65.

Collabo. (2016), “Entenda o que está por vir e quais serão os impactos para empresas e profissionais”. A Indústria 4.0 e a revolução digital.

Comstor. (2018), “Quais os pilares da indústria 4.0?”. Em <https://blogbrasil.comstor.com/quais-os-pilares-da-industria-4-0>

Costa, J. M. (2018), “Sociedade 5.0, o futuro, pelo presente”. Em <https://www.dinheirovivo.pt/opiniaio/sociedade-5-0-o-futuro-pelo-presente/>

ESSS (2017), “Os Pilares da Indústria 4.0”. Em <https://www.esss.co/blog/os-pilares-da-industria-4-0/>

Executive Digest (2018), “Sonae Arauco investe 42,6 milhões”. Em <https://executivedigest.sapo.pt/sonae-arauco-investe-424-milhoes-em-mangualde/>

Faustino, B. (2016), “Seis princípios básicos da Indústria 4.0 para os CIOs”. Em <https://cio.com.br/seis-principios-basicos-da-industria-4-0-para-os-cios/>

Fórum Econômico Mundial (2018), “Criando um futuro compartilhado em um mundo fragmentado. A quarta revolução industrial”. Davos.

Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019), “Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies”. International Journal of Production Economics.

Freire, M. (2018), “Iot e soluções de mobilidade impulsionam resultados da Bosch”. Business IT. Em <https://business-it.pt/2018/06/22/iot-e-solucoes-de-mobilidade-impulsionam-resultados-da-bosch/>

Gerhardt, T. E., e Silveira, D. T. (2009), “Métodos de Pesquisa”. UFRGS. Rio Grande do Sul, Brasil.

Grupo PSA (2019). Mangualde, em <https://site.groupe-psi.com/mangualde/pt-pt/>

INEGI (2019), “O rumo até a fábrica do futuro na era da Indústria 4.0”, em http://www.inegi.up.pt/instituicao/noticias_detalle.asp?ano=2019&idm=1&idsubm=9&id=34¬iciaid=907

Lehmann, A. (2019), “Estratégia para Indústria”. Sessão de Lançamento do livro Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0. Coimbra, Portugal.

Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., et al. (2015), Industrie 4.0 Readiness. VDMA’s IMPULS.

Lima, V.B. (2018), “Contribuição de Lean Thinking para a implementação da Indústria 4.0”. Portugal.

Lusa (2016), “Bosch assina protocolo com Universidade de Aveiro num investimento de 19 milhões”. Público, em <https://www.publico.pt/2016/12/02/economia/noticia/bosch-assina-protocolo-com-universidade-de-aveiro-num-investimento-de-19-milhoes-1753455>

MacDougall, W. (2014), “Industrie 4.0 smart manufacturing for the future”. Alemanha.

Mira, A. (2019), “Digital Factory e Process Industries and Drivers”. Sessão de Lançamento do livro Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0. Coimbra, Portugal.

Moniz, A. B. (2018), “Indústria 4.0 implicações de um conceito para o trabalho. As mudanças no chão da fábrica”. Pág. 12.

Neves, R. (2019), “Sonae Indústria vai investir mais 77 milhões”. Jornal de Negócios, em <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/sonae-industria-vai-investir-mais-77-milhoes>

OPENCADD (2018), “As nove tecnologias que sustentam a indústria 4.0”. Em <https://www.opencadd.com.br/9-pilares-da-industria-4-0/>

Pereira, D. (2017), “Os 6 princípios da Indústria 4.0”. Portal ERP, em <https://portalerp.com/os-6-principios-da-industria-4-0>

Pereira, S. S. (2019), “Sonae Arauco vai recrutar 180 pessoas em três anos”. Dinheiro Vivo. Em <https://www.dinheirovivo.pt/empresas/sonae-arauco-vai-recrutar-180-pessoas-em-tres-anos/>

Pires, J. N. (2019), “Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0”. Sessão de Lançamento do livro Automação e Controlo Industrial - Indústria 4.0. Coimbra, Portugal.

PWC (2016), “A nova revolução Industrial”. Portugal.

PWC (2016), “Indústria 4.0 Construir a empresa digital”. Global Industry 4.0. Portugal.

Renault Cacia (2018), “Cacia – Fábrica autom[ovel do Grupo Renault”, em <https://www.renault.pt/renault-cacia.html>

Revigrés (2019), “Revigrés, revestimentos e pavimentos cerâmicos”, em <https://revigres.pt/>

Ribeiro, J. M. (2017), “*O Conceito da Indústria 4.0 na Confeção: Análise e Implementação*”, pág. 99.

Ribeiro, J. M. (2017), “*O Conceito da Indústria 4.0 na Confeção: Análise e Implementação*”, pág. 99.

Russwurm, S. (2014), “Industrie 4.0 – from vision to reality”. SIEMENS Industry Sector, Background Information, em <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2014/industry/2014-04-hannovermesse/background-indutrie40-e.pdf>

Salomon, D. (1991). “Como fazer uma monografia”. Martins Fontes. São Paulo, Brasil.

Sanson, C. e Camargo, J. (2017), “Quarta revolução industrial”. Revolução 4.0. Brasil.

Santos, B.P., Alberto, A., Lima, T., e Charrua-Santos, F. (2018). “Indústria 4.0: desafios e oportunidades”. Produção e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, Brasil.

Santos, F. M. (2018). “O setor do calçado em Portugal e a sua transformação à luz da indústria 4.0: Um caso Múltiplo”. Portugal.

Santos, R. C. (2018), “Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0”. Portugal.

Schroeder, R., Nunes, F., Viero, C., e Menezes, F. (2015), “Analysis of implementation of an automated process in a footwear Company: a case of study by the optic of the Hyundai Production System and Industry 4.0”. Espacio, pág. 18.

Schumacher, A., e Sihm, W. (2016), “A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises”. *Procedia CIRP*, pág. 161-166.

Schwab, K. (2018). “A quarta revolução industrial”. Portugal.

Siemens (2019). “Siemens em Portugal”, em <https://new.siemens.com/pt/pt/empresa/sobrenos.html>

Silva, E. M. (2018). “Os Pilares Tecnológicos da Indústria 4.0”. LinkedIn, em <https://www.linkedin.com/pulse/os-pilares-tecnol%C3%B3gicos-da-ind%C3%BAstria-40-edson-miranda-da-silva/>

Silveira, C. B. (2017). “O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo”. Citisystems, em <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>

Sonae Arauco (2019). “Produtor mundial de painéis derivados de madeira”, em <https://www.sonaearauco.com/pt/>

Sony, M., e Naik, S. (2019). “Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations”. *Benchmarking: an International Journal*.

Souza, L., Nascimento, K., Silva, C., e Martino Neto, J. (2018). “A indústria 4.0 e o processo de digitalização: estado da arte”. 9º Congresso Internacional de Logística da Faculdade de Tecnologia: o papel do gestor na logística internacional. Santos, Brasil.

SRAMPORT (2019). “SRAMPORT”, em <https://www.sram.com/sram>

Telukdarie, A., Buhulaiga, E., Bag, S., Gupta, S., e Zongwei, L. (2018), “Industry 4.0 implementation for multinationals”. *Process Safety and Environment Protection*. África do Sul.

Tomé, J. (2019). “Bosch Braga”. Dinheiro Vivo, em <https://www.dinheirovivo.pt/buzz/bosch-digitalizacao-industria-revolucionar/>

TOTVS (2018), “4 passos indispensáveis num plano de implantação da indústria 4.0”. *A voz da Indústria*, em <https://avozdaindustria.com.br/4-passos-plano-de-implantacao-da-industria-4-0/>

TOTVS (2018), “5 desafios da implantação da indústria 4.0: como superá-los”. *A voz da Indústria*, em <https://avozdaindustria.com.br/4-passos-plano-de-implantacao-da-industria-4-0/>

Transformação Digital (2018), “Integração de sistemas: horizontal x vertical”. Em <https://transformacaodigital.com/integracao-de-sistemas-horizontal-x-vertical/>

Vitalli, R. (2018), “Os 10 pilares de indústria 4.0”. *Indústria 4.0*, em <https://www.industria40.ind.br/artigo/16751-os-10-pilares-de-industria-40>

Web of Science (2019). “Web of Science – Principal Coleção do Web of Science”. Em <https://apps.webofknowledge.com/>

Wikipedia (2018), “Estado da arte”. Em https://pt.wikipedia.org/wiki/Estado_da_arte

Yin, R. K. (2001), “Estudo de caso: planejamento e métodos”. Bookman. Porto Alegre, Brasil.

APÊNDICE A: INQUÉRITO 1 - MATURIDADE

Inquérito sobre a implementação da Indústria 4.0 - Maturidade https://docs.google.com/forms/d/1J_lqEtiidmbcWeDsmvHhdNH2-Zuo...

Inquérito sobre a implementação da Indústria 4.0 - Maturidade

Caro(a) Colaborador(a)

No âmbito de uma dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial que está a ser realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, solicito o preenchimento de um questionário sobre a implementação da Indústria 4.0 na empresa ou no sector da empresa em que trabalha.

Não existem respostas corretas nem incorretas e elas são confidenciais. Apenas se pretende obter a sua verdadeira opinião.

A sua colaboração é fundamental para esta investigação.

Nathália Gusmão Cabral de Melo
Aluna do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Para alguma questão: gusmaonathalia@gmail.com

Orientadora: Prof. Doutora Cláudia Margarida R. de S. e Silva – claudia.margarida@ua.pt

*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *
2. País em que trabalha *
3. Nome da Empresa *
4. Cargo do Entrevistado *

1 de 7 20/05/2019, 12:05

Inquérito sobre a implementação da Indústria 4.0- Maturidade https://docs.google.com/forms/d/1J_1qEtidmhcWeDsnvHfhdNH2-Zuo...

5. Atividade da empresa *
Marcar apenas uma oval.

- Alimentos e bebidas
- Automotivo
- Cerâmico
- Coureiro-calçadista
- Eletro-eletrónico
- Energia
- Farmacêutico
- Metal-mecânico
- Papel e Celulose
- Software e Tecnologia
- Têxtil

6. Número de trabalhadores da empresa em Portugal *
Marcar apenas uma oval.

- 250 ou mais colaboradores
- de 100 a 250 colaboradores
- até 50 colaboradores
- de 50 a 100 colaboradores

7. Qual o valor aproximado do volume de negócios em 2017? *
Marcar apenas uma oval.

- abaixo de 2 milhões de euros
- entre 2 milhões e 10 milhões de euros
- acima de 10 milhões de euros
- não especificado

8. O que motivou/motiva a empresa a implementar a i4.0? *
Marque todas que se aplicam.

- Oportunidade para se diferenciar no mercado
- A empresa quer experimentar novos conceitos inovadores
- Os requisitos do mercado e a pressão competitiva
- Busca pela redução dos custos e dos erros
- Busca pela flexibilização da produção
- Outro: _____

2 de 7 20/05/2019, 12:05

13. Quais áreas da empresa ainda irá receber investimento para i4.0? *

Marque todas que se aplicam.

- Compras
- Investigação & Desenvolvimento
- Produção
- Serviços
- TI
- Vendas
- Outro: _____

14. Quais as tecnologias que são utilizadas na empresa? *

Marque todas que se aplicam.

	Não Possuímos	Temos interesse em implementar	Temos um projeto de implementação	Temos implementação pontual	Temos implementação avançada
Robôs autônomos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas integrados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internet das Coisas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cyber Security	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cloud / Nuvem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manufatura aditiva / Impressão 3D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realidade aumentada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Big Data, capacidade de armazenar e avaliar os dados em tempo real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Como avalia os processos de manufatura na empresa? *

Marque todas que se aplicam.

	Não Possuímos	Temos interesse em implementar	Temos um projeto de implementação	Temos implementação pontual	Temos implementação avançada
Integração vertical	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rastreabilidade interna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autonomia do sistema produtivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eficiência energética	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade e customização	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inquérito sobre a implementação da Indústria 4.0- Maturidade https://docs.google.com/forms/d/1J_1qEtidmhcWeDsnvHfhdNH2-Zuo...

16. Como avalia os trabalhos inteligentes na empresa? *
Marque todas que se aplicam.

	Não Possuímos	Temos interesse em implementar	Temos um projeto de implementação	Temos implementação pontual	Temos implementação avançada
Monitoramento remoto da produção em tempo real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Operação remota da planta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Home office	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realidade aumentada na manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realidade aumentada na capacitação dos trabalhadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistemas inteligentes de tomada de decisões	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trabalho colaborativo homem/robôs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17. Como avalia a integração com plataformas digitais em tempo real na empresa? *
Marque todas que se aplicam.

	Não Possuímos	Temos interesse em implementar	Temos um projeto de implementação	Temos implementação pontual	Temos implementação avançada
Empresa com fornecedores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresa com clientes e distribuidores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empresa com outras unidades da empresa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Barreiras e outros fatores

5 de 7 20/05/2019, 12:05

18. Indique o grau referente as seguintes barreiras que poderiam impedir a empresa na implantação da i4.0? *

Marque todas que se aplicam.

	Irrelevante	Pouco Impeditiva	Moderadamente impeditiva	Altamente impeditiva	Extremamente impeditiva
Financeiras (altos custo e risco de investimento)	<input type="checkbox"/>				
Técnicas (falta de conhecimento e informação)	<input type="checkbox"/>				
Mercadológicas (baixa resposta do mercado)	<input type="checkbox"/>				
Normativa (dificuldade em se ajustar as normas e regulamentações governamentais)	<input type="checkbox"/>				

19. Qual a relevância dos fatores organizacionais e externos para facilitar a implementação da i4.0 na empresa? *

Marque todas que se aplicam.

	Irrelevante	Pouco Relevante	Moderadamente relevante	Muito relevante	Extremamente relevante
Existência de métodos de gestão da produção (ex.: leand production)	<input type="checkbox"/>				
Apoio das políticas industriais para o desenvolvimento da i4.0	<input type="checkbox"/>				
Colaboração de órgãos políticos e associações	<input type="checkbox"/>				
Colaboração de universidades e centros de pesquisa	<input type="checkbox"/>				
Colaboração de outras empresas	<input type="checkbox"/>				

Inquérito sobre a implementação da Indústria 4.0 - Maturidade https://docs.google.com/forms/d/1J_1qEtidmbcWeDsnvHfhdNH2-Zuo...

20. Qual a preocupação da empresa em relação à/ao: *
Marque todas que se aplicam.

	Irrelevante	Temos interesse em criar um programa	Há um programa
Bem estar dos colaboradores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Saúde dos colaboradores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Capacitação dos colaboradores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recolocação dos colaboradores que perderam seus postos de trabalho para máquinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. Sobre o termo Sociedade 5.0.
Marcar apenas uma oval.

Não sei nada sobre isso

Já li ou ouvi falar

Sei o que representa, mas não me preocupo com isso

Sei o que representa e acredito nisso

Powered by  Google Forms

7 de 7 20/05/2019, 12:05

APÊNDICE B: PONTUAÇÃO DAS CAPACIDADES, DIMENSÕES E MATURIDADE

PONTUAÇÃO DAS CAPACIDADES, DIMENSÕES E MATURIDADE	
10	Como descreve o nível de implementação da estratégia i4.0 na empresa.
0	1. Não existe estratégia
1	A estratégia está em desenvolvimento
3	A estratégia está formulada
4	A estratégia está em implementação
5	A estratégia está implementada
11	Existem indicadores para monitorizar o estado de implementação da estratégia i4.0?
5	Sim. Possuímos um sistema de indicadores considerado adequado
3	Sim. Possuímos um sistema de indicadores que nos dá alguma orientação
0	1. Não. A nossa abordagem ainda não está claramente definida
14	Quais as tecnologias que já são utilizadas na empresa?
Foram consideradas as seguintes tecnologias: Sistemas integrados, <i>IoT</i> , <i>Cloud</i> e <i>Big data</i>	
0	1. Não possuímos
1	Temos interesse em implementar
3	Temos um projeto de implementação
4	Temos implementação pontual
5	Temos implementação avançada
15	Como avalia os processos de manufatura na empresa?
0	1. Não possuímos
1	Temos interesse em implementar
3	Temos um projeto de implementação
4	Temos implementação pontual
5	Temos implementação avançada
16	Como avalia os trabalhos inteligentes na empresa?
0	1. Não possuímos
1	Temos interesse em implementar
3	Temos um projeto de implementação
4	Temos implementação pontual
5	Temos implementação avançada
17	Como avalia a integração com plataformas digitais em tempo real na empresa?
0	1. Não possuímos
1	Temos interesse em implementar
3	Temos um projeto de implementação
4	Temos implementação pontual
5	Temos implementação avançada
□ dia das capacidades	Nível da Dimensão
□ dia das dimensões	Nível de Maturidade

APÊNDICE C: INQUÉRITO 2 – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Guião de Entrevista Semi-estruturada

Questionário destinado a Gestores e/ou Responsáveis pela Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 incorpora avanços técnicos emergentes para melhorar o desempenho industrial, e para lidar com os desafios globais. O conceito de Indústria 4.0 é visto como uma estratégia importante para organizações se manterem competitivas no futuro, e inclui o projeto e a implementação de produtos e serviços competitivos, assim como a gestão eficaz dos sistemas de produção e logística (Wang, Wan, Li, & Zhang, 2016).

O foco da Indústria 4.0 é a melhoria contínua, eficiência, segurança, produtividade e retorno do investimento. Para que os objetivos sejam alcançados surgem, então, os nove pilares:

Big Data & Analytics: É uma gestão de grandes quantidades de dados. O *Big Data Analytics* tem como papel fundamental verificar os números e as estatísticas de uma indústria sendo os ganhos identificados na otimização e qualidade dos produtos (Silva, 2018).

Robôs autônomos: capazes de desenvolver e coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção, como também trabalhar lado a lado com os seres humanos com segurança (Silva, 2018).

Simulação: A tecnologia 3D é um processo usado em engenharia para a simulação de produtos, materiais e processos produtivos (Comstor, 2018).

Sistemas de integração horizontal e vertical: O processo horizontal é a conexão entre a empresa e toda a cadeia de valor externa. Enquanto isso, o processo vertical envolve e conecta os variados setores hierárquicos dentro da empresa. Dessa forma, ao integrar os dois sistemas, a empresa estará em um novo patamar onde os setores trocarão informações e tomarão decisões de forma mais rápida e eficiente, aumentando a produtividade, elevando a qualidade e diminuindo as perdas e os erros.

Internet das Coisas (IoT) Industrial: No contexto da Indústria 4.0 todas as coisas são inteligentes e estão conectadas a internet, esses sistemas são denominados *cyber-físicos* (Ribeiro, 2017).

Segurança Cibernética (Cyber Security): manter a segurança e garantir a responsabilidade com ética do processo produtivo (Vitalli, 2018).

Computação em Nuvem (Cloud Computing): aumenta a capacidade, a velocidade de processamento além de oferecer acesso ao banco de dados e suporte de qualquer local do planeta, permitindo a integração dos sistemas, mesmo que distantes fisicamente (Vitalli, 2018; Silva, 2018).

Manufatura aditiva: Também conhecida como Impressão 3D.

Realidade aumentada: A Indústria 4.0 acredita no potencial da realidade aumentada para a geração e a prestação de serviços permitindo interações entre o mundo real e virtual.

Preparação para Entrevista

Pontos necessários	Descrição
Enquadramento da Entrevista	<p>As entrevistas realizadas pretendem dar resposta ao seguinte problema de estudo:</p> <p>“Como e Por que ocorreu a implementação da Indústria 4.0”.</p> <p>A importância da entrevista advém de os entrevistados serem gestores de áreas envolvidas na Indústria 4.0.</p>
Definição dos objetivos da entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de implementar i4.0: as perguntas tem objetivo de entender sobre a preparação para i4.0. - Implementando a i4.0: A estratégia que as empresas adotaram para dar início a implementação e quais foram as primeiras iniciativas. - Estrutura: A estrutura de gestão da Indústria 4.0 na empresa. - Parceiros: São as empresas parceiras na implementação da Indústria 4.0. - Apoio: Programas de incentivos financeiros ou fiscais. - Colaboradores: A situação dos colaboradores com a implementação da Indústria 4.0 e a expectativa para o futuro. - Dificuldades e Obstáculos: Quais as dificuldades e os obstáculos encontrados na implementação da Indústria 4.0. - Resultados: Os resultados encontrados com a implementação da Indústria 4.0. - Melhoria Contínua: como acontece a busca pela melhoria contínua.
Entrevistados	Gestores e Responsáveis de áreas envolvidas na Indústria 4.0.
Entrevistadora	Mestranda do Curso de Engenharia e Gestão Industrial
Prazo	O prazo foi estabelecido até o final de julho.
Condições Logísticas	<p>Impressões dos guiões.</p> <p>Anotações.</p> <p>Gravação de áudios.</p>

Planificação da entrevista

As variáveis enfocaram, por exemplo, justificativa para o uso da entrevista, tipo de entrevista utilizado, forma de constituição do roteiro, tipo de análise realizada, dentre outros

Entrevista semi-estruturada

Informações

1. Nome
2. Empresa
3. E-mail

1. Antes de implementar i4.0

Essas perguntas tem objetivo de entender sobre a preparação para i4.0

1. Sobre a decisão de implementar a i4.0.

Marcar apenas uma oval.

- Foi uma decisão da empresa
- A empresa possui uma consultoria que sugeriu a implementação
- Os fornecedores solicitaram a integração horizontal
- Os clientes solicitaram a integração horizontal

2. Houve algum diagnóstico inicial antes iniciar a implementação da i4.0? Se sim, como foi? Quem o fez?

3. Qual o processo de decisão para avançar com determinados projetos?

4. Houve elaboração de um layout antes de implementar a i4.0 para depois sugerir melhorias? Se sim, como foi? Quem o fez?

5. Houve coleta de dados antes de implementar a i4.0? (Ex: produtos, RH, processos, documentação, etc). Se sim, como foi? Quem o fez?

6. Houve a criação de novos fluxogramas, processos, layouts? Como foi? Quem o fez?

7. Para implementar a i4.0 houve a contratação de alguma empresa de consultoria? Se sim, qual foi?

*

8. Antes de iniciar o processo de implementação da i4.0 já havia um sistema de gestão eficiente?

2. Implementando a i4.0

A estratégia que as empresas adotaram para dar início a implementação e quais foram as primeiras iniciativas.

1. Inicialmente, a i4.0 foi inserida em que contexto? (ex. produto, setor, linha)

2. Houve evolução para outros setores, produtos ou linhas desde a estratégia inicial?

3. Com base na questão anterior, se houve evolução, como foi a estratégia adotada?

4. Quais foram as quatro primeiras tecnologias a serem implementadas? (ex: Robôs autônomos, Simulação, Sistemas integrados, IoT, Cyber Security, Cloud, Manufatura aditiva, Realidade aumentada e/ou BigData)

*ver projetos de integração, documentos que mostrem o processo.

3. Estrutura

A estrutura de gestão da Indústria 4.0 na empresa.

1. Já ocorreu a integração digital, horizontal e vertical da empresa? Como foi?
2. Qual o principal sistema de gestão utilizado atualmente?
3. Existem aplicativos ou plataformas para envio de dados? Se sim, quais?
4. Como acontece o controlo e tratamento de dados da empresa?
5. Quem é responsável pelo diagnóstico dos dados recebidos?
6. Quem é responsável por sugerir mais melhorias na cadeia de valor?

4. Parceiros

São empresas aliadas a Indústria 4.0 que trabalham juntos pelo objetivo geral.

1. A empresa tem quantos parceiros no projeto de i4.0?
 - Nenhum parceiro
 - 1 a 5 parceiros
 - 5 a 10 parceiros
 - Mais de 10 parceiros
2. Se existem parceiros. Quem os escolhe? Há alguém responsável por essa demanda?
3. Se existem empresas parceiras. Quais são as principais na i4.0 dentro da sua empresa (consultoria, fornecedores de sistemas, softwares, máquinas, tecnologias, redes, outros)? *

5. Apoio

Programas de incentivos financeiros ou fiscais.

1. Houve incentivo do Governo através de algum programa? (ex: Portugal 2020, Portugal 2030)
2. Se houve incentivo, como a empresa vê a importância disso?
3. A empresa já demitiu algum funcionário porque a sua função deixou de existir com a implementação da i4.0?

6. Colaboradores

A situação deles com a implementação da Indústria 4.0 e a expectativa a curto e médio prazo

1. A empresa já demitiu recolocou algum funcionário porque sua função deixou de existir com a implementação da i4.0?
2. A empresa recolocou algum funcionário porque sua função deixou de existir com a implementação da i4.0?
3. Se houve extinção de posto de trabalho. Há algum programa de requalificação para os colaboradores que perderam seus postos de trabalho?
4. Com base na pergunta anterior, qual instituição apoia na requalificação? (ex: Universidade, Politécnico, outros)
5. Já foi criado na empresa algum novo posto de trabalho com a chegada da i4.0?
6. Com base na pergunta anterior, se sim, qual foi o posto de trabalho criado?

7. Dificuldades e Obstáculos

Quais as dificuldades e os obstáculos encontrados na implementação da Indústria 4.0

1. Houve dificuldade no levantamento de dados para o diagnóstico inicial?
2. Se a empresa já está integrada digital, horizontal e verticalmente, houve dificuldades na integração dos processos?
3. Houve dificuldade dos colaboradores quanto a implementação da i4.0?
4. Falta colaboradores capacitados para trabalhar no contexto da i4.0?

8. Resultados

Quais foram os resultados encontrados com a implementação da Indústria 4.0 e o que se espera

1. Quais foram os resultados já encontrados com a implementação da Indústria 4.0?
2. O que se espera de resultados a curto, médio e longo prazo (2020, 2024, 2030)?

9. Melhoria contínua

1. Como acontece a busca pela melhoria contínua