

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS**

DÉBORA DE SOUZA SOARES

**PERSPECTIVAS E POTENCIALIDADES DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA DO
FRANGO COM A INDÚSTRIA 4.0**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

DÉBORA DE SOUZA SOARES

**PERSPECTIVAS E POTENCIALIDADES DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA DO
FRANGO COM A INDÚSTRIA 4.0**

**Perspectives and potentialities of the brazilian poultry agroindustry with
industry 4.0**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre(a) em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin

PATO BRANCO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite apenas que outros façam download dos trabalhos licenciados e os compartilhem desde que atribuam crédito ao autor, mas sem que possam alterá-los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



DEBORA DE SOUZA SOARES

**PERSPECTIVAS E POTENCIALIDADES DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA DO FRANGO COM
A INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia De Produção E Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Gestão Dos Sistemas Produtivos.

Data de aprovação: 18 de Dezembro de 2020

Prof Marcelo Goncalves Trentin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Gilson Adamczuk Oliveira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Marcelo Jasmim Meirino, Doutorado - Universidade Federal Fluminense (Uff)

RESUMO

SOARES, Débora de Souza. **Perspectivas e Potencialidades da Agroindústria Brasileira do Frango com a Indústria 4.0**. 137f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

A partir do lançamento do plano de desenvolvimento tecnológico da Alemanha, denominado *High-Tech Strategy 2020*, em 2010, o conceito de Indústria 4.0 passou a ser conhecido no mundo inteiro como ideia inovadora para fortalecer o ramo manufatureiro. No ramo da atividade produtora de carnes e produtos cárneos de frango, a implementação de princípios e pilares desse novo conceito têm sido almejados, principalmente dado o elevado nível de competitividade no mercado nacional e internacional. No Brasil, no ramo de agroindústrias de frango, a implementação dessas tecnologias ainda está em processo lento devido ao alto custo, à cultura organizacional e, principalmente, pela incerteza de retorno do investimento. O estudo se concentra na caracterização da Indústria 4.0 para a realidade da agroindústria do frango, cujo objetivo consiste em identificar a situação atual das agroindústrias brasileiras ligadas ao abate frango, como estão se preparando e lidando com relação às perspectivas e potencialidades da Indústria 4.0. São levadas em consideração três importantes dimensões, tecnologia, pessoal e gestão, possibilitando a sua caracterização e orientações visando auxiliar implantações futuras neste segmento. Com base em uma revisão de literatura foi possível estabelecer os elementos caracterizadores da Indústria 4.0 para as agroindústrias de frango, permitindo a elaboração de um instrumento que auxiliou no levantamento e obtenção de informações. Em seguida, realizou-se uma pesquisa de campo, de natureza exploratória (estudos de caso), em duas empresas de portes e níveis de tecnologia empregadas em suas máquinas e processos divergentes, que possibilitou identificar junto aos usuários as facilidades e dificuldades em relação às três dimensões estudadas (pessoal, tecnologia e gestão), além de levantar potenciais necessidades para que empresas do ramo estudado se integrem às perspectivas da Indústria 4.0. O instrumento elaborado permitiu o levantamento e obtenção de informações, identificando a situação atual das agroindústrias brasileiras ligadas ao abate frango. Por meio dos estudos de casos realizados, observa-se que a empresa que possui mais automatização em sua planta está um pouco mais preparada para esse novo paradigma produtivo da Indústria 4.0 do que a outra empresa estudada. Identificou-se a disponibilidade de equipamentos e inovação tecnológica para esse ramo de atividade, interesse dos profissionais atuantes nessas indústrias e utilização de ferramentas que garantem visão em tempo real como principais facilidades para implantação da Indústria 4.0 nesse setor. Como principais dificuldades e potenciais necessidades, identificou-se a deficiência de realização de capacitações pelas empresas, falta de planejamento e realização de investimentos em tecnologias necessárias para a implantação da Indústria 4.0, alinhamento da estratégia e cultura organizacional das empresas para esse novo conceito de indústria, preparação das pessoas para esse novo perfil profissional, utilização de tecnologias que processam grandes volumes de dados e ferramentas que garantem a integração de sistemas. Com os resultados obtidos nessa pesquisa foi possível identificar que a agroindústria do frango brasileira, apesar dos investimentos em máquinas e equipamentos modernos, ainda tem um

longo caminho para integrar-se ao novo paradigma produtivo da Indústria 4.0. Mesmo as indústrias de maior capacidade, consideradas mais automatizadas, ainda tem muito que se aprimorar em todas as três dimensões estudadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Automação. Agroindústria do Frango.

ABSTRACT

SOARES, Débora de Souza. **Perspectives and Potentialities of the Brazilian Poultry Agroindustry with Industry 4.0.** 137f. Dissertation - Graduate Program in Production and Systems Engineering, Federal university of Technology – Paraná - Brazil. Pato Branco, 2021.

Since the launch of Germany's technological development plan, called High-Tech Strategy 2020, in 2010, the concept of Industry 4.0 has come to be known worldwide as an innovative idea to strengthen the manufacturing industry. In the business of producing meat and chicken meat products, the implementation of principles and pillars of this new concept has been sought, mainly given the high level of competitiveness in the national and international Market. In Brazil, in the poultry agribusiness sector, the implementation of these technologies is still in a slow process due to the high cost, the organizational culture and, mainly, the uncertain return on investment. The study focuses on the characterization of Industry 4.0 for the reality of the poultry agribusiness, whose objective is to identify the current situation of Brazilian agribusinesses linked to the slaughter of poultry, how they are preparing and dealing with the prospects and potential of Industry 4.0. Three important dimensions, technology, people and management, are taken into account, enabling their characterization and guidance in order to assist future deployments in this segment. Based on a systematic literature review, it was possible to establish the elements that characterize Industry 4.0 for poultry agroindustries, allowing the elaboration of an instrument that helped in the survey and obtaining information. Then, an exploratory field research (case studies) was carried out in two companies of sizes and technology levels employed in their divergent machines and processes, which made it possible to identify with the users the facilities and difficulties in relation to the three dimensions studied (people, technology and management), in addition to raising potential needs for companies in the industry studied to integrate with the perspectives of Industry 4.0. The elaborated instrument allowed the gathering and obtaining of information, identifying the current situation of Brazilian agroindustries linked to the slaughter of poultry. Through the case studies carried out, it is observed that the company that has more automation in its plant is a little more prepared for this new productive paradigm of Industry 4.0 than the other company studied. The availability of equipment and technological innovation was identified for this line of activity, interest of professionals working in these industries and the use of tools that allow real-time vision as the main facilities for the implementation of Industry 4.0 in this sector. The main difficulties and potential needs identified the lack of capacity building by companies, lack of planning and investments in technologies necessary for the implementation of Industry 4.0, alignment of the strategy and organizational culture of companies for this new concept of industry, preparing people for this new professional profile, using technologies that process large volumes of data and tools that allow systems integration. With the results obtained in this research, it was possible to identify that the Brazilian poultry agribusiness, despite investments in modern machinery and equipment, has a long way to integrate into the new productive paradigm. Even the largest capacity industries, considered more automated, still have a lot to improve in all three dimensions studied.

Keywords: Industry 4.0. Automation. Poultry Industry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação na Produção Mundial de Carne de Frango	18
Figura 2 – Participação na Exportação mundial da Carne de Frango	18
Figura 3 – Produção de Galináceos no PR por Município, x 1000 cabeças.....	20
Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0.....	35
Figura 5 – Etapas típicas do processamento de abate de frango	55
Figura 6 – Sistema de inclinação automatizado para descarga de aves.....	56
Figura 7 – Sistema de escaldagem a vapor	57
Figura 8 – Máquina automática de evisceração de frangos	58
Figura 9 – Sistema de resfriamento a ar	59
Figura 10 – Lâmina de fatiamento de alta velocidade	60
Figura 11 – Análise de imagens computadorizadas	60
Figura 12 – Equipamentos automatizados para desossa de peito de frango	61
Figura 13 – Classificação automatizada.....	62
Figura 14 – Estrutura (a) e atuação (b) do robô batcher flex na indústria	63
Figura 15 – Atividades Executadas no Desenvolvimento da Pesquisa	72
Figura 16 – Resultado da unidade mais automatizada sobre automação	86
Figura 17 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Indústria 4.0.....	87
Figura 18 – Etapas do processo produtivo contempladas na área de abate.....	93
Figura 19 – Etapas contempladas na área de cortes/embalagem e expedição	95
Figura 20 - Resultado da unidade menos automatizada sobre automação	101
Figura 21 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Indústria 4.0	102
Figura 22 - Potencialidades e aspectos que precisam ser melhorados	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias inteligentes	16
Quadro 2 – Descrição das dimensões para enquadramento metodológico	26
Quadro 3 – Multicamada de arquitetura orientada a serviços (SoA).....	33
Quadro 4 – Ações propostas às empresas conforme nível de maturidade	42
Quadro 5 – Portfólio Bibliográfico.....	68
Quadro 6 – Citações de autores por pilares e ferramentas/conceitos.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da unidade mais automatizada sobre automação	86
Tabela 2 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Industria 4.0	87
Tabela 3 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional.....	89
Tabela 4 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Pessoas.....	90
Tabela 5 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Tecnologia	91
Tabela 6 - Resultado da unidade menos automatizada sobre automação.....	101
Tabela 7 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Industria 4.0.....	102
Tabela 8 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional.....	103
Tabela 9 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Pessoas.....	104
Tabela 10 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Tecnologia.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPS	<i>Cyber-physical systems</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GTAI	<i>Institute German Trade & Invest</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAM	<i>Integrated Computer Aided Manufacturing</i>
<i>IoP</i>	<i>Internet of People</i>
<i>IoS</i>	<i>Internet of Services</i>
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
MES	Sistemas de Execução de Fabricação
MFCN	máquinas-ferramenta com controle numérico
NR-36	Norma Regulamentadora nº 36
PIB	Produto Interno Bruto
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
SCADA	Controle de Supervisão e Aquisição de Dados
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDIAVIPAR	Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Paraná
SoA	<i>Service oriented architecture</i>
TI's	Tecnologias Inteligentes

TIC's	Tecnologias da Informação e Comunicação
WEF	<i>World Economic Forum</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4Vs	<i>Fourth scalable architecture</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	21
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo Geral	22
1.1.2 Objetivos Específicos	22
1.3 JUSTIFICATIVA.....	22
1.4 DELIMITAÇÃO.....	25
1.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	26
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1 CONCEITO E CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	29
2.1.1 Conceito de Indústria 4.0	30
2.1.2 Caracterização da Indústria 4.0	31
2.1.2.1 Princípios fundamentais da Indústria 4.0	32
2.1.2.2 Pilares da Indústria 4.0	34
2.1.2.3 Principais características da Indústria 4.0	38
2.1.3 Possibilidades e impactos da Indústria 4.0	42
2.1.3.1 Automatização e o processo da agroindústria de frango.....	52
2.2 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0	65
2.3 PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA A INDÚSTRIA DO FRANGO	67
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	70
3. MATERIAIS E MÉTODOS	72
3.1 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DA PESQUISA	72
3.1.1 Revisão de Literatura (Etapa 1)	72
3.1.2 Elaboração do Instrumento para Caracterização da Indústria 4.0 na Agroindústria de Frango (Etapa 2)	73
3.1.3 Caracterização (Etapa 3)	77
4. RESULTADOS	79
4.1 REVISÃO DE LITERATURA (ETAPA 1)	79
4.2 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA AGROINDÚSTRIA DE FRANGO (ETAPA 2)	81
4.3 CARACTERIZAÇÃO (ETAPA 3).....	85
4.3.1 Planta Frigorífica Mais Automatizada	85
4.3.1.1 Automação da Empresa/Setor de Atuação.....	86

4.3.1.2 Sobre Indústria 4.0	87
4.3.1.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional	88
4.3.1.4 Avaliação sobre Pessoas	90
4.3.1.5 Avaliação sobre Tecnologia.....	90
4.3.1.6 Percepções da Observação Participante na Planta Refrigerífica mais Automatizada	92
4.3.2 Planta Refrigerífica Menos Automatizada.....	100
4.3.2.1 Automação da Empresa/Setor de Atuação.....	100
4.3.2.2 Sobre Indústria 4.0	102
4.3.2.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional	103
4.3.2.4 Avaliação sobre Pessoas	104
4.3.2.5 Avaliação sobre Tecnologia.....	105
4.3.2.6 Percepções da Observação Participante na Planta Refrigerífica menos Automatizada	107
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	111
4.4.1 Sobre Automação e Indústria 4.0	112
4.4.2 Sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional	115
4.4.3 Sobre Pessoas	116
4.4.4 Sobre Tecnologia.....	117
4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	121
5. CONCLUSÕES.....	124
REFERÊNCIAS.....	127
APÊNDICE A	135

1. INTRODUÇÃO

Breve olhar sobre a história mundial da atividade manufatureira revela que a humanidade, ao longo do tempo, vivencia um processo dinâmico e cíclico de transformação dos meios produtivos. Por se tratar de um processo constante e ciclicamente difuso e que surge associado ao movimento do capital mundial – que, por sua vez, tem potencial para viabilizar a diversificação da estrutura de produção e ampliação da distribuição da riqueza no interior da sociedade –, na literatura esse processo é denominado de revolução da industrialização (POCHMANN, 2016).

Sob efeito das sequentes revoluções da industrialização, a sociedade do terceiro milênio vivencia a criação e difusão de novas capacidades tecnológicas que impulsionam alteração na estrutura produtiva e no modelo de consumo da população mundial (SCHWAB, 2015; POCHMANN, 2016). Vive-se, portanto, sob a influência da Quarta Revolução Industrial (SCHWAB, 2015; SCHWAB; DAVIS, 2019) que, precedida pelo processo de mecanização, eletricidade e tecnologias da informação (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013), vem a ser caracterizada pela conexão de sistemas e máquinas inteligentes (SOUZA, 2018). É nesse contexto que surge a “Indústria 4.0” – em referência à Quarta Revolução Industrial –, também referida como “*smart factory*”; “*intelligent factory*”; “*factory of the future*” (MACDOUGALL, 2014). Essas expressões são usadas para indicar antevisão da indústria do futuro que, em tempo próximo, será muito mais inteligente, flexível, dinâmica e ágil (SCHWAB, 2015; HOZDIĆ, 2015; COELHO, 2016).

No campo teórico, o conceito de Indústria 4.0 ainda está em construção. Uma vertente teórica coloca esse conceito como decorrente da inovação e aplicação das Tecnologias da informação (TI's) em processos industriais. Segundo tal vertente, inovação tecnológica e aplicação de ferramentas das TI's impulsionaram transformações nesses processos, o que, por conseguinte, gerou aumento da competitividade no mercado mundial, basicamente favorecida pela agilização do processo manufatureiro e redução do custo fabril (SCHWAB, 2015; SCHWAB; DAVIS, 2019). Outra vertente coloca que, por força da existente competitividade no mercado globalizado, a indústria buscou soluções de melhoria no desempenho produtivo e financeiro para manter-se competitiva. Nessa busca, mediante evolução das TI's, encontrou uma estratégia adequada para enfrentamento da competitividade no contexto manufatureiro mundial com a criação da Indústria 4.0 (MACDOUGALL,

2014; KAGERMANN; WAHILTER; HELBIG, 2013; CNI, 2016; SILVA, 2017; SILVEIRA, 2016). Porém, independentemente da discussão teórica, ainda no estágio conceitual embrionário, mas com ampla perspectiva futura, a promessa da Indústria 4.0 reúne potencial para promover melhorias nos processos produtivos e impulsionar a industrialização.

Na perspectiva de um futuro promissor, algumas TI's propostas à disposição da emergente Indústria 4.0 da segunda década do século XXI são apresentadas no Quadro 1, cuja conceituação básica será contemplada no próximo capítulo. Registre-se, ainda, que já existem algumas das TI's listadas no Quadro 1 que estão em processo de melhoria e desenvolvimento operacional, por exemplo, Internet das Coisas, em inglês "*Internet of Things*" ou "*IoT*" e *big data analytics* para decisões.

Quadro 1 – Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias inteligentes

2018	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Armazenamento digital para todos	Robôs e serviços	Internet das coisas e para coisas	TI's implantáveis em seres humanos	Onipresença da computação	Impressão 3D e produtos consumíveis	Carros sem motorista	<i>Bit coin</i> e <i>blockchain</i>
		Roupas com internet	<i>Big data</i> para decisões	Impressão 3D e saúde humana	Inteligência artificial e empregos	Inteligência artificial e decisões	
		Impressão 3D e produção	Novas TI's no aprimoramento da visão	Casas com conectividade	Economia compartilhada	Cidades inteligentes	
			Presença humana no sistema cibernético				
			Governos e o <i>blockchain</i>				
			Supercomputadores de bolso				

Fonte: Silva (2017).

Notadamente, o auspicioso projeto de criação e desenvolvimento de novas TI's, discutido durante a realização do Fórum Econômico Mundial (do inglês, *World Economic Forum*), no encontro anual realizado em Davos-Klosters, na Suíça, em janeiro de 2015, tem previsão de ser completado até 2027 (SHIFT, 2015). Mas, é bem possível que, em função do rápido desenvolvimento tecnológico e reveladas necessidades na aplicação prática da Indústria 4.0, outras TI's venham complementar o rol de inovações tecnológicas do Quadro 1.

Particularmente, os processos de manufatura serão organizados de maneira diferente da prática cotidiana desenvolvida até as décadas finais do século XX e primeira década do século XXI. Na Indústria 4.0, os processos terão sistema de automação industrial, cadeias inteiras de produção interconectadas por meio das fronteiras corporativas (DREHER, 2015). Portanto, serão “*smart factory*”; fábricas que farão produtos inteligentes, utilizarão máquinas e equipamentos inteligentes, processos auto-otimizados suportados por cadeias de abastecimento inteligentes, e buscarão melhoria contínua da eficácia, segurança, produtividade das operações e retorno financeiro do investimento (MACDOUGALL, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; CNI, 2016; SCHWAB, 2015; COELHO, 2016). É, pois, a Indústria 4.0 que desponta mundialmente impulsionada pela disponibilidade de variadas TI's e tendências facilitadoras para aplicação de sistemas ciber-físicos à manufatura.

Todavia, no Brasil a tecnologia desse sistema digital ainda é pouco utilizada, cerca de 2% das empresas nacionais (ROTTA, 2017), principalmente, devido ao seu alto custo, à cultura organizacional com tendência conservadora e ao baixo índice de conhecimento sobre as vantagens decorrentes da aplicação dessa tecnologia no processo produtivo (CNI, 2016). Ainda assim, mesmo diante desse cenário, no presente estudo, conduziu-se uma investigação com o propósito de verificar a possibilidade de adoção do conceito de Indústria 4.0 em agroindústrias de frango no Estado do Paraná a partir de sua caracterização nesse ramo de atividade.

Notadamente, a implementação do modelo emergente de Indústria 4.0, que depende fundamentalmente de TI's, demandam alto investimento (HOZDIĆ, 2015; CNI, 2016). Então, ao se propor uma caracterização da Indústria 4.0 nos processos produtivos em agroindústrias de frango, há que se pensar se a realidade contingencial suporta alta demanda por investimentos.

Não obstante, há que se considerar que o Brasil desponta na produção e exportação de carne de frango, sensível evidência de que há matéria-prima e demanda de consumo à produção, o que, em hipótese, fornece bases promissoras para novos investimentos. Dados coletados sobre o desempenho brasileiro na produção e exportação de produtos cárneos de origem avícola mostra ser alta a capacidade produtiva e escoadora do país.

No ano de 2017, por exemplo, diante do *ranking* mundial, o Brasil se posicionou em segundo lugar na produção de carne de frango (13,056 milhões de

toneladas), abaixo dos Estados Unidos da América (EUA) (visualização na Figura 1). Mas, esse posicionamento se altera quando se trata da exportação de carne de frango e processados cárneos de frango (Figura 2). Nesse caso, o Brasil superou a exportação norte-americana e ocupou o primeiro lugar no *ranking* mundial (4,320 milhões de toneladas). No total mundial, respectivamente, Brasil e EUA representaram 14,5% e 20,6% na produção de carne de frango e 33,1% e 28% na exportação (ABPA, 2018).

Quando comparado à capacidade escoadora de carne de frango do Brasil e EUA, observa-se que, entre 2014 e 2018, as exportações brasileiras cresceram 32,50%, enquanto a norte-americana alcançou índice inferior, atingindo 28,08%. Nesse quinquênio, o maior crescimento das exportações brasileiras de carne de frango se deve a abertura de novos mercados mundiais, como Taiwan, El Salvador e República Dominicana (AVISITE, 2019).

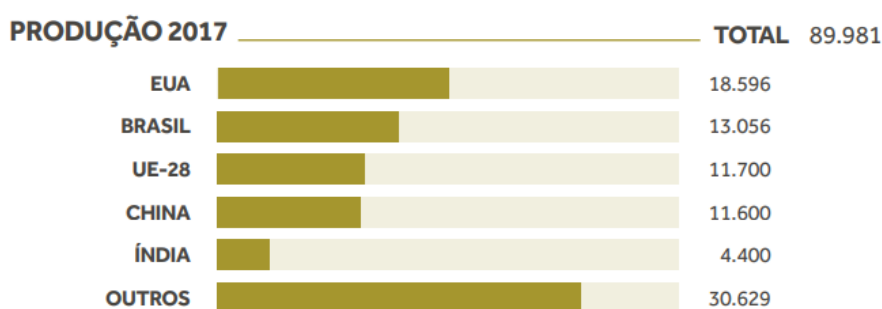


Figura 1 – Participação na Produção Mundial de Carne de Frango
Fonte: ABPA (2018).

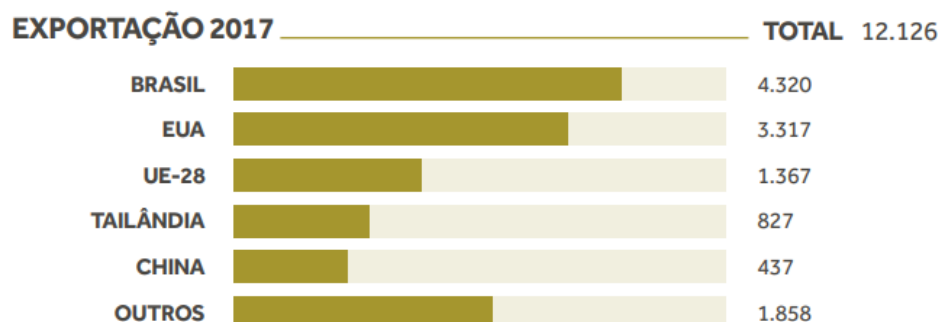


Figura 2 – Participação na Exportação mundial da Carne de Frango
Fonte: ABPA (2018).

No balanço anual de 2018, o desempenho brasileiro mostrou evolução quanto à produção (13,6 milhões de toneladas) e exportação de carne de frango (4,2 milhões de tonelada). Do total da produção nacional, 30,9% da carne de frango se

destinaram para a exportação e o restante para o comércio interno (EMBRAPA, 2018). Portanto, o desempenho brasileiro na produção e exportação de carne de frango leva a crer que investimentos em prol da melhoria dos processos produtivos nas indústrias avícolas de produção e processamento terão retornos financeiros em curto e médio prazos.

No entanto, essa expectativa poderá ser consolidada, mais facilmente, no Paraná (37,20%), Santa Catarina (22,95%) e Rio Grande do Sul (17,58%), que, em 2017, foram os três Estados líderes no *ranking* nacional das exportações brasileiras de carne de frango (ABPA, 2018).

Em 2018, no *ranking* nacional, os três Estados sulinos continuaram na liderança das exportações. No total brasileiro das exportações de carne de frango, Paraná exportou 1,516 milhões de toneladas, cerca de 37,80% do total exportado, Santa Catarina exportou 1,188 milhões de toneladas, equivalente a 29,62% do total exportado e Rio Grande do Sul exportou 496,431 mil toneladas, correspondente a 12,37%. Quanto às exportações brasileiras de carne de frango, a receita cambial desses três Estados alcançou o equivalente a 79,90% do total dessas exportações (AVISITE, 2019).

Em relação à disponibilidade de matéria-prima, os resultados do Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2017) mostram que o Brasil comporta anualmente um plantel anual médio de galináceos (galos, frangas, frangos, pintos e galinhas) próximo a 1,362 bilhões de cabeças, em cerca de 2,862 milhões de criatórios.

Considerado o plantel nacional (por cabeça) e total de criatórios (por unidade), nota-se que o Paraná abriga o maior plantel anual de galináceos (333,29 milhões), seguido pelos Estados de São Paulo (177,57 milhões), Santa Catarina (160,26 milhões) e Rio Grande do Sul (154,842 milhões). Em relação à contagem total de criatórios brasileiros, o Paraná se coloca em 6º lugar (164.137 unidades) no *ranking* nacional, abaixo Estado do Rio Grande do Sul em 3º lugar (239.779 unidades) e acima de Santa Catarina em 10º (111.007 unidades). Todavia, na relação total de galináceos *versus* total de criatórios, o Paraná revela ter maior índice de produtividade entre os quatro Estados brasileiros melhores posicionados no *ranking* nacional (IBGE, 2017).

Na distribuição do plantel anual de galináceos no Estado do Paraná (Figura 3), destacam-se 10 (dez) municípios produtores, por ordem decrescente pela contagem de cabeças: Toledo (9,713 milhões), Cianorte (8,716 milhões), Dois

Vizinhos (8,507 milhões), Cascavel (7,329 milhões), Jaguapitã (7,051 milhões), Palotina (6,725 milhões), Assis Chateaubriand (5,749 milhões), Santa Helena (5,663 milhões), Cafelândia (5,521 milhões) e Nova Aurora (5,254 milhões). Dentre esses, 8 (oito) municípios estão situados na mesorregião oeste, onde será desenvolvido o presente estudo.

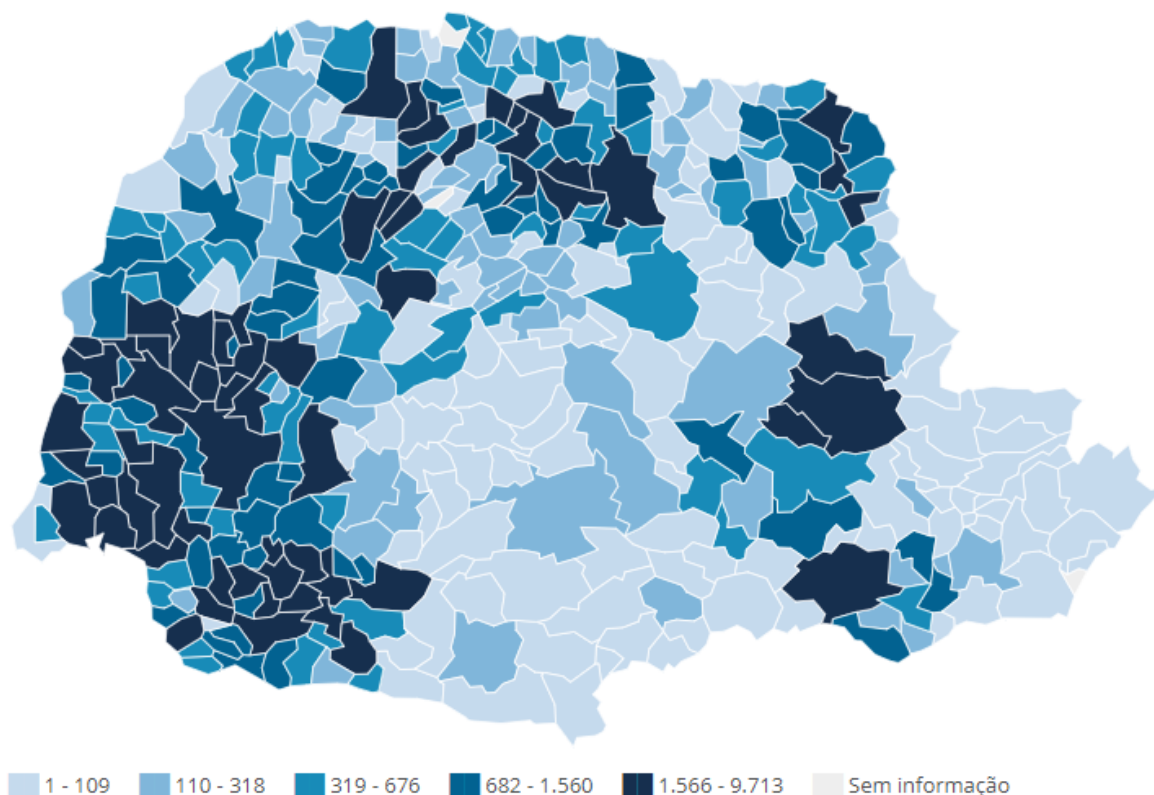


Figura 3 – Produção de Galináceos no PR por Município, x 1000 cabeças
Fonte: IBGE (2017).

Oportuno registrar que somente em 2018 foram abatidos 5,4 bilhões de cabeças de frango no Brasil (AVISITE, 2019). Desse total, cerca de 30% eram frangos provindos de criatórios localizados no Paraná e abatidos em agroindústrias paranaenses. Nesse contexto, a utilização de conceitos da Indústria 4.0 podem se revelar como auxiliar no aprimoramento e melhoria dos processos produtivos de agroindústrias avícolas brasileiras, em particular nos Estados líderes de produção e exportação de carne de frango.

A partir do exposto nos parágrafos anteriores, evidencia-se a importância da realização do presente estudo, cuja estruturação é detalhada a seguir.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Associada à evolução das tecnologias da informação e comunicação (TIC's), a digitalização tornou-se um processo cada dia mais presente na vida das pessoas e organizações. Tal presença está intimamente associada à oferta de importantes soluções para enfrentamento de diversos desafios nacionais, seja na mobilidade urbana, com o desenvolvimento e aplicabilidade de TI's ligadas ao conceito de cidades inteligentes, conhecidas como "*smart cities*", na eficiência energética pela implantação das redes elétricas inteligentes, as "*smart grid*", na atenção à saúde com soluções à distância e produtividade industrial, com a aplicação da manufatura avançada, conhecida como "*smart factory*"; "*intelligent factory*"; "*factory of the future*" e Indústria 4.0 (MACDOUGALL, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHWAB, 2015; CNI, 2016; COELHO, 2016; SOUZA, 2018).

O desenvolvimento da Indústria 4.0 – expressão adotada ao longo do presente estudo – está associado às TI's, *big data analytics*, computação em nuvem, novas TI's aplicadas para tratamento de dados, ou robôs e drones na avicultura 4.0, e outras já empregadas na criação avícola (SILVA, 2017; RUIZ, 2018). A experiência mundial da Indústria 4.0 tem mostrado eficácia devido à aplicação prática desse conceito, sobretudo, pela viabilização de melhores índices de produtividade industrial (MACDOUGALL, 2014; CNI, 2016; COELHO, 2016).

Os trabalhos encontrados na literatura não abordam especificamente a caracterização da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango, nesse sentido, dada à representatividade da indústria de carne de frango na produção e exportação brasileira (ABPA, 2018; ZAIA, 2019) e mediante as raras experiências quanto à aplicabilidade desse conceito na indústria nacional (CNI, 2016; ROTTA, 2017) questiona-se: "A agroindústria do frango brasileira está próxima a integrar-se ao novo paradigma produtivo que da Indústria 4.0?"

1.2 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos do trabalho de pesquisa. Os objetivos específicos, como etapas parciais, quando atendidos, contribuem para o atendimento da meta geral.

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral identificar a situação atual das agroindústrias brasileiras ligadas ao abate frango, como estão se preparando e lidando com relação às perspectivas e potencialidades da Indústria 4.0, levando em consideração três importantes dimensões, tecnologia, pessoal e gestão. Este conhecimento possibilita a sua caracterização e orientações visando auxiliar implantações futuras neste segmento.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, propõem-se como objetivos específicos:

- Estabelecer os elementos caracterizadores da Indústria 4.0 para as agroindústrias de frango, permitindo elaborar um instrumento que auxilie no levantamento e obtenção de informações, integrando dados teóricos com as visões práticas e ocorrências junto aos usuários;
- Identificar junto aos usuários as facilidades e dificuldades em relação às três dimensões estudadas (pessoal, tecnologia e gestão) para as empresas se integrarem às perspectivas da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango;
- Levantar potenciais necessidades para que empresas do ramo estudado relativas à implantação da Indústria 4.0.

1.3 JUSTIFICATIVA

O número de estudos de caráter científico com abordagem na Indústria 4.0, mostra significativo crescimento, uma vez que as discussões em torno desse tema, diante de suas interfaces com as dimensões social, econômica e tecnológica, contemplam diferentes áreas do conhecimento humano e, por assim ser, assumem importância para o avanço da sociedade. Portanto, tais discussões têm relevância “tanto para fins acadêmicos, como também para as indústrias, as quais enfrentam desafios contínuos de aumento de produtividade e personalização de produtos”

(RODRIGUES; DE JESUS; SCHÜTZER, 2016, p. 34). Acredita-se, ainda, que a Indústria 4.0 impõe um efeito profundo que não se limita à própria indústria, mas também para o estilo de vida e à maneira como as pessoas realizam o trabalho.

O presente estudo promove a realização e o atendimento de duas contribuições: (i) uma teórica, que busca compreensão sobre os conceitos de Indústria 4.0 e implicações desse conceito no setor produtivo manufatureiro do terceiro milênio, e (ii) outra prática, que visa apresentar parte da realidade investigada com a finalidade de pontuar a relevância da abordagem da Indústria 4.0 para industrialização de carne avícola.

Nessa compreensão, a contribuição teórica serve para reforçar parte do que foi mencionado, particularmente quanto ao aumento do interesse científico em discutir o conceito de Indústria 4.0 e às implicações decorrentes de sua aplicação prática no cotidiano da atividade manufatureira. Porém, há que se considerar que, na literatura internacional e nacional, constata-se que poucas pesquisas abordam esse conceito no âmbito das indústrias de alimentos, especialmente quanto à industrialização de carne e produtos cárneos de frango. Essa constatação, por consequência, tem implicações limitantes para os propósitos do presente estudo, em especial no campo da pesquisa bibliográfica, quando se busca auxílio para fundamentar teoricamente o conceito de Indústria 4.0 e de pontuar a relevância da sua abordagem para o setor de abate de frango. Assim, por exemplo, na literatura disponível é possível observar que a automatização industrial e adoção de robôs no processamento de alimentos (WILSON, 2010; MUELLER; KUHLENKOETTER; NASSMACHER, 2014; BARBUT, 2015; IQBAL; KHAN; KHALID, 2017; BADER; RAHIMIFARD, 2018) e/ou em serviços de alimentação (ASIF et al., 2015), tem sido lenta em comparação com a evolução mostrada pela indústria automotiva mundial (SENAI, 2018). Por outro lado, a aplicação dos sistemas ciber-físicos (CPS) tem ampla utilização na inspeção de alimentos e, por isso, têm destaques na pesquisa mundial (SUN, 2000).

Situação contrária ocorre quanto à discussão sobre aplicação de sistemas CPS na Indústria 4.0 produtora de alimentos e em serviços de alimentação. Mas, cresce o número de publicações com abordagem em áreas importantes dos CPS com utilização da computação em nuvem (i) internet das coisas (*IoT*), (ii) cérebro remoto, (iii) manipulação de big data, (iv) virtualização (CHAÂRI et al, 2016), todavia, poucas pesquisas se propõe a investigar robôs móveis, redes de sensores sem fios

e redes veiculares na área de alimentos (CHEN, 2017). Ainda, observa-se que há raras pesquisas sobre a integração dos sistemas inovadores propostos à Indústria 4.0 que contemplem a relação produção de alimento, energia e água (HANG et al., 2016; WOLFE et al, 2016), sistemas e tecnologias de embalagem úteis à indústrias de alimentos (MAHALIK; NAMBIAR, 2010; BARBUT, 2015), e fundamentais para a compreensão do conceito de Indústria 4.0 e se entender o *status* do conhecimento já acumulado e oportunidades futuras relacionadas à aplicabilidade dos princípios da Indústria 4.0 na produção de carnes e produtos cárneos, e serviços de alimentação.

Notadamente, a promissora aplicação da robótica e dos sistemas CPS (e TI's associadas) levantou novos requisitos funcionais à indústria de alimentos, incluindo-se sistematização do processamento, armazenamento e acessibilidade a dados em tempo real, e outros requisitos não funcionais, como operacionalidade segura de equipamentos, segurança das informações em nuvem, garantia da qualidade e segurança dos alimentos disponíveis ao consumo de seres humanos. Tais requisitos são de interesse do presente estudo, exatamente por estarem implicados na adoção do conceito de Indústria 4.0. Porém, a grande lacuna percebida na literatura disponível diz respeito à caracterização da Indústria 4.0 no contexto de agroindústrias de frango, com base teórica em princípios e pilares da Indústria 4.0 (MACDOUGALL, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). É nesse sentido que se destacam possíveis contribuições advindas do desenvolvimento do presente estudo que, auspiciosamente, espera que suas contribuições teóricas incentivem novas tentativas de construção do conhecimento sobre a Indústria 4.0 aplicada na prática operacional e funcional nesse ramo, e que suas contribuições práticas sejam exploradas e úteis por empresas nacionais interessadas na adoção do conceito de Indústria 4.0. Espera-se que resulte a partir deste estudo as bases para formulação de um protocolo nacional aplicável para a caracterização da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango. Certamente, a adoção prática do conceito da Quarta Revolução Industrial em abatedouros de frango no Brasil tende a potencializar melhorias em seus processos produtivos. Como exposto anteriormente, há no Brasil perceptivas econômicas que sustentam e viabilizam a implementação desse conceito na prática manufatureira. Ao enfrentar ativamente seus desafios, possivelmente, a indústria nacional alcançará patamares técnico-tecnológicos semelhantes aos observados nas Indústrias 4.0 que despontam

mundialmente (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; MACDOUGALL, 2014; WANG et al, 2016).

1.4 DELIMITAÇÃO

Em referência à área de conhecimento e à abordagem teórica, o presente estudo estará delimitado ao levantamento dos pilares e das ferramentas da Indústria 4.0 que se relacionam com os processos produtivos de abate e processamento de carne avícola. No que diz respeito à caracterização da Indústria 4.0 em agroindústrias de frangos, a proposta foi construída sob informações e vivência em dois abatedouros de corte da região oeste do Paraná. Estas possuem características diferentes, uma das plantas há o emprego de TI's no processo de abate, armazenagem e distribuição, enquanto na outra o uso de tecnologia não é avançado em termos de processamento.

As agroindústrias do oeste paranaense que serviram para a caracterização da Indústria 4.0 dos processos produtivos se encontram autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2019) para proceder à exportação de sua produção de carne e produtos processados de carne de frango, ao que atribui credibilidade e segurança para seus processamentos industriais.

Além disso, há de se considerar que a distribuição das unidades de abate e processamento de frango no território paranaense é bastante variada. Ao todo são 35 unidades em operação no Paraná, distribuídas segundo as mesorregiões: 5 unidades no noroeste, 12 unidades no norte central, 2 unidades no norte pioneiro, 7 unidades no oeste, 3 unidades no centro ocidental, 1 unidade no centro oriental e região metropolitana de Curitiba e 5 unidades no sudoeste. Entretanto, apesar de a mesorregião oeste comportar menor quantitativo de unidades de abate de frangos e processamento de cárneos em comparação com a região norte central paranaense, a produção anual oestina de carne de frango equivale a aproximadamente 35% da produção paranaense (SINDIAVIPAR, 2019).

Como o Estado do Paraná se posiciona na liderança do *ranking* nacional das exportações e se a produção das 7 unidades da mesorregião oeste corresponde a aproximadamente 35% do quantitativo produzido pelo conjunto das 36 unidades paranaense, e os processos são similares (em equipamentos e tecnologias) supõe-

se que relacionar os pilares e as ferramentas da Indústria 4.0 aos processos produtivos com base na realidade de duas agroindústrias de frango localizadas no oeste paranaense qualifica tal caracterização com experiência válida, da qual se pode retirar contribuições para ampliar as discussões acadêmicas em torno da Indústria 4.0 no setor de abate e processamento de carnes e produtos cárneos de frango.

1.5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

No Quadro 2, resumidamente, apresenta-se e descreve-se uma síntese das dimensões que foram observadas na elaboração do enquadramento metodológico da pesquisa, incluindo-se: método, objetivos, natureza, abordagem do problema, tipificação, procedimentos, instrumentos de coleta de dados e técnica de análise dos dados empíricos coletados, definição da população e da amostra do estudo.

Quadro 2 – Descrição das dimensões para enquadramento metodológico

(continua)

Dimensões Quanto ao (à):	Descrição
Método	Dedutivo (GIL, 2010), pois é aquele que parte do geral e, a seguir, desce para o particular em busca de resultados que satisfaçam às premissas do estudo.
Objetivos	Exploratória, na forma de estudo de caso, e descritiva (GIL, 2010). Exploratória porque objetiva obter informações sobre a adoção de conceitos da Indústria 4.0 em processos de produção de agroindústrias de frango por meio de um estudo de caso, desenvolvido em duas unidades frigoríficas. É descritiva porque analisa as características do fenômeno observado a partir da coleta de informações junto à amostra do estudo.
Natureza	Básica-teórica (DENZIN; LINCOLN, 2006) que propõe gerar novo conhecimento útil para avanço da ciência, sem definição específica de futura aplicação prática do conceito de Indústria 4.0 em agroindústrias de frango.
Abordagem do problema	Qualitativa (MARCONI; LAKATOS, 2009) por envolver estudo de caso e coleta de variedade de materiais empíricos, experiência pessoais, introspecção, história de vida, textos observacionais, históricos interativos e visuais e produções culturais, com descrição de significados da evolução tecnológica no campo da industrialização em áreas de produção de carne de frango.
Tipificação	Teórico-ilustrativo (FERREIRA; YOSHIDA, 2004) porque está voltada para a reflexão sobre o tema-foco e segue acompanhada pela análise de exemplos de aplicação prática com finalidade ilustrativa.

(continuação)

Dimensões Quanto ao (à):	Descrição
Coleta de material	Bibliográfica (GIL, 2010), pois envolve a pesquisa em material (teórico-conceitual) já elaborado sobre conceito e caracterização da Indústria 4.0, e automação de processos fabris em agroindústrias de frangos.
Investigação	Pesquisa de campo (MARCONI; LAKATOS, 2009) para interagir no campo da pesquisa a fim de obter informações sobre a prática cotidiana de profissionais que atuam nas unidades frigoríficas, objeto do estudo.
Técnica de análise dos dados	Análise do conteúdo (BARDIN, 2011) que consiste em um conjunto de técnicas de análise das comunicações que buscam obter indicadores quantitativos ou não, que permitam inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção de mensagens.
População e amostra	População abrange parte da realidade vivenciada em unidades frigoríficas paranaenses e brasileiras. O objeto do estudo foram duas unidades frigoríficas de frangos situadas na mesorregião oeste do Paraná. É dessas unidades que se retira a amostra não probabilística, não aleatória e intencional (MARCONI; LAKATOS, 2009; GIL, 2010), pois a pesquisadora optou por aplicar o questionário a profissionais nessas unidades com prévio conhecimento sobre a Indústria 4.0 e para profissionais que atuam em empresas parceiras dessas agroindústrias (empresas de equipamentos, consultores, entre outras).

Fonte: Autoria própria, 2019.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos com a finalidade de organização e melhor entendimento do estudo.

No capítulo um é apresentado o contexto da pesquisa, o problema, os objetivos que se pretende alcançar, a justificativa teórica e prática para escolha do tema e a delimitação da pesquisa.

No segundo capítulo, “Revisão Bibliográfica”, trata do conceito, da caracterização, dos princípios fundamentais, das principais características, conceitos, dos pilares e das possibilidades e impactos da Indústria 4.0; da automatização e do processo de agroindústrias de frango, das perspectivas da Indústria 4.0 para a agroindústria do frango e recomendações para implantação da Indústria 4.0.

No capítulo três, “Materiais e Métodos” descrevem-se os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do estudo de caso.

No quarto capítulo, “Resultados”, é apresentado os dados obtidos com a aplicação do questionário e observação participante nas duas indústrias investigadas, além de apresentar uma análise dos resultados.

No quinto e último capítulo, “Conclusões” são apresentadas as conclusões do autor em relação ao estudo realizado. Por fim, foram listadas as referências bibliográficas utilizadas e caso haja apêndices e anexos, os mesmos serão inseridos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse Capítulo contempla fundamentos teóricos importantes à construção de respostas para os problemas enunciados e alcance dos objetivos propostos para a realização do presente estudo. Busca-se maior compreensão sobre o conceito de Indústria 4.0 e na literatura, brevemente, discute-se a evolução tecnológica que viabilizou o surgimento de programas industriais digitais, desafios e benefícios esperados pela adoção da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango.

Em sua totalidade, o tema posto em discussão – Indústria 4.0 ou *Industries 4.0* em sua origem alemã – é bastante amplo, por isso as referências cobrem várias áreas do conhecimento na abordagem sobre conceitos, aplicações, protocolos e exemplos teórico-práticos. Como procedimentos metodológicos (Quadro 2), primeiramente adotou-se a pesquisa bibliográfica (GIL, 2010) a fim de investigar uma série de trabalhos para construir a base teórica do presente estudo, cuja análise do material coletado foi realizada pela utilização da técnica Análise do Conteúdo (BARDIN, 2011).

2.1 CONCEITO E CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Por meio de um breve olhar sobre a origem da Indústria 4.0, constata-se que foi a partir do lançamento do plano de desenvolvimento tecnológico alemão, *High-Tech Strategy 2020*, em 2010, que o mundo despertou para o influente potencial das tecnologias de informação e comunicação (TIC's) no desenvolvimento dos países.

Ao propor o plano *High-Tech Strategy 2020*, a Alemanha objetivou fortalecer a parceria entre indústria e ciência e melhorar as condições para acolher a inovação tecnológica em vários setores produtivos do país. Como estratégia de ação, o citado plano previa a aplicação de inovações tecnológicas em diferentes áreas da indústria nacional. Em 2012, a parceria viabilizou o projeto *Industries 4.0*, adotado pelo governo federal com perspectiva futura (MACDOUGALL, 2014). Percebe-se então, que o objetivo estratégico da futura *Industrie 4.0* era explorar o potencial econômico do país e a capacidade de inovação resultante da parceria indústria *versus* ciência para promover o desenvolvimento do setor manufatureiro da Alemanha.

É do plano *High-Tech Strategy 2020* que se retira o conceito de Indústria 4.0, conhecida como Indústria Inteligente (*Intelligent Industry*), e, por conseguinte, sua caracterização, implicações e impacto da adoção desse conceito em projetos fabris criados no mundo inteiro a partir da segunda década do século XXI. Citam-se propostas semelhantes que obtiveram sucesso, por exemplo, nos EUA, a *Industrial Internet* e, na China, a *Internet +* (WANG et al, 2016).

2.1.1 Conceito de Indústria 4.0

No documento que define o plano *High-Tech Strategy 2020*, a expressão *Industrie 4.0* se refere à evolução tecnológica de sistemas embarcados para sistemas ciber-físicos – *cyber-physical system* – CPS (MACDOUGALL, 2014). A expressão numérica 4.0, que acompanha a palavra Indústria, é indicativa da Quarta Revolução Industrial que se põe em marcha com a aplicação das TIC's e internet das coisas (*Internet of Things* ou *IoT*) no setor produtivo de bens e serviços (CNI, 2016). Notadamente, são as TIC's que formam a base sobre a qual soluções inovadoras serão construídas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Denominam-se de sistemas embarcados, as centrais inteligentes de controle em funcionamento na maioria dos produtos e dispositivos tecnológicos modernos que, normalmente, combinam *hardware* e *software* com recursos programáveis ou fixos para gerenciar funções específicas definidas para cada dispositivo (MACDOUGALL, 2014). Esses dispositivos virtuais se conectam com o mundo exterior por meio de sensores e atuadores (CPS) para permitir que os sistemas embarcados sejam cada vez mais interconectados entre si e com o mundo *on-line* (WANG et al, 2016).

Por se afigurar como uma abordagem estratégica voltada à interação dos avançados sistemas de controle com aplicação da tecnologia de internet das coisas (*IoT*), o conceito de Indústria 4.0 enfatiza a comunicação *on-line* entre máquinas, pessoas, produtos e sistemas complexos em grandes redes e em ampla conectividade, cujo motor propulsor é constituído pelos CPS, responsáveis pela circulação das informações que passam facilmente de um dispositivo para outro (RODRIGUES; DE JESUS; SCHÜTZER, 2016).

Decorrente dessa abordagem, o conceito de Indústria 4.0 encerra, em si, uma mudança de paradigma uma vez que impulsiona a passagem da produção “centralizada” para a “descentralizada”, possibilitada pelo avanço tecnológico que, por sua vez, propulsiona a reversão da lógica convencional do processo fabril, onde as máquinas industriais processam o produto no formato programado. Na produção inteligente descentralizada, o produto se comunica com a máquina para informar exatamente o que deve ser feito (MACDOUGALL, 2014).

Na aplicação desse novo paradigma, os processos de produção tornados inteligentes transformam as cadeias de valor da produção, da indústria e dos modelos de negócio (CNI, 2016). Porquanto, é a inteligência descentralizada que caracteriza o despontar da era da *smart factory*, da fábrica inteligente.

A Indústria 4.0 consiste em um movimento formado no interior das organizações manufatureiras que utiliza a interconectividade dos mundos físico e virtual para promover, “além da integração horizontal, uma forte integração vertical dentro da indústria e em toda a sua cadeia de valor. Esse fenômeno descreve a transição da produção centralizada para uma flexível e autocontrolada” (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018, p. 25).

2.1.2 Caracterização da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 surge com base em princípios e pilares de sustentabilidade que se alicerçam fundamentalmente no avanço tecnológico (GERBERT et al, 2015). Como mencionado, o fundamento básico da Indústria 4.0 é a conectividade de máquinas, sistemas e ativos, a qual permite que as *smart factory* criem redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor, as quais controlam, autonomamente, os diversos e diferentes módulos da produção (MACDOUGALL, 2014; SILVEIRA, 2016).

Os sistemas CPS, propulsores da conectividade, são formados por tecnologias capacitadoras que unem os mundos físico e virtual na criação de um mundo conectado em rede, no qual objetos inteligentes se comunicam e interagem com cada um desses mundos (MACDOUGALL, 2014). Esses sistemas compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenagem e instalações de produção, capazes de lidar com informações de forma independente, estimular

ações e autonomamente se controlar, objetivando o gerenciamento mais eficiente e diferenciado dos sistemas interconectados entre equipamentos físicos e capacidade computacional (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

O principal objetivo do CPS é formar uma grande rede de controle sobre um ou mais subsistemas na produção, de maneira a permitir que o usuário controle em tempo real, grande e complexo processo de produção industrial sem necessidade de gerenciar cada subsistema (RODRIGUES; DE JESUS; SCHÜTZER, 2016).

Entretanto, em sua essência, o CPS não é algo totalmente novo; afigura-se como resultado da evolução tecnológica presente em computadores, sensores e TIC's que, na busca por maior, agilidade, capacidade de processamento e preços mais acessíveis, permitiu sua conjugação de forma efetiva e em tempo real (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018), gerando significativos ganhos para as *smart factory* (COELHO, 2016; LIBARDONI; DE SALES, 2018).

Para a implementação de uma unidade fabril com base no conceito de Indústria 4.0, além dos sistemas CPS, há três bases conceituais que devem ser consideradas. Analisam-se: (i) os princípios e (ii) os pilares e, posteriormente, (iii) as características principais da Indústria 4.0.

2.1.2.1 Princípios fundamentais da Indústria 4.0

Cinco princípios devem ser observados na implantação da Indústria 4.0, a saber: capacidade de operação em tempo real; virtualização; descentralização; orientação a serviços; modularidade (MACDOUGALL, 2014; DA XU; HE; LI, 2014; SILVEIRA, 2016). Analisa-se cada um desses princípios.

Tem-se, então, que capacidade de operação em tempo real diz respeito à aquisição e tratamento de dados de maneira praticamente instantânea, a fim de permitir a tomada de decisão em tempo real. Dessa capacidade, decorre em grande parte, o princípio de virtualização, o qual se refere às simulações e sistemas supervisórios com uso de tecnologias virtuais, práticas já empregadas atualmente. No entanto, a Indústria 4.0 propõe cópia virtual das *smart factory* a fim de permitir a rastreabilidade e o monitoramento remoto de todos os processos produtivos. Para tal, faz-se necessário espalhar inúmeros sensores ao longo da planta para detectar e dar respostas eficientes às entradas nos ambientes laborais (SILVEIRA, 2016).

O princípio de descentralização decorre da ação dos CPS que estão aptos a proceder à tomada de decisão, em tempo real, conforme as necessidades da produção (SILVEIRA, 2016). Na Indústria 4.0, processa-se uma dinâmica constante de circulação de informações assegurada pelos CPS e pelo maquinário que é capaz de informar sobre a realização do trabalho (WANG et al, 2016). Essa dinâmica permite o aprimoramento dos processos produtivos (MACDOUGALL, 2014).

O conceito da arquitetura orientada a serviços (*SoA*, do inglês *Service oriented Architecture*), relaciona-se à integração de aparelhos ou sistemas heterogêneos, aplicados para suporte da *IoT* (KUMAR, 2007). Esse conceito denota a integração dos processos de negócio por meio das TI's, trazendo à organização uma visão holística dos processos internos como serviços, desmembrados em entrada, processamento e saída, voltados para atendimento das demandas em diversas áreas organizacionais e, particularmente, do cliente usuário do produto ou serviço. O conceito de *SoA* tem sido utilizado com sucesso em diferentes áreas de pesquisa, como *cloud*, redes de sensores sem fio (WSN, do inglês *Wireless Sensor Network*) para monitoramento de processos e redes veiculares (DA XU. HE; LI, 2014). Na literatura há proposição de uma arquitetura de serviços dividida em quatro camadas (Quadro 3).

Quadro 3 – Multicamada de arquitetura orientada a serviços (*SoA*)

CAMADA	DESCRIÇÃO
Sensorização	Camada integrada com equipamentos de identificação por rádio frequência (RFID <i>radio-frequency identification</i>), códigos de barras e sensores inteligentes para coleta de dados e controle de equipamentos.
Redes de comunicação de dados com ou sem fio	Camada que provê suporte de redes de comunicação e transferência de dados com ou sem fio.
Serviços	Camada responsável pela criação e gerenciamento dos serviços para satisfazer as necessidades dos usuários.
Interface	Camada que provê métodos de integração entre usuários e aplicações de serviços.

Fonte: Adaptado de Da Xu, He e Li. (2014).

Em *IoT*, os serviços podem ser criados e implantados de acordo com os seguintes passos: (i) desenvolvimento plataformas de composição de serviços; (ii) abstraindo a função do dispositivo e capacidades de comunicação; (iii) provisão de um conjunto comum de serviços. O gerenciamento de identificação de serviços envolve gerenciamento de contexto e classificação de objetos. Com a

implementação do sistema *SoA*, que possua uma arquitetura contextual e orientada a serviços, é possível construir um espelho para cada objeto real na *IoT* onde cada objeto virtual e físico pode se comunicar com outros. Além disso, o sistema *SoA* permite que cada componente ofereça suas funcionalidades como serviços padrão, o que pode aumentar significativamente a eficiência dos dispositivos e das redes envolvidas nos sistemas *IoT* (DA XU; HE; LI, 2014).

Por fim, o princípio da modularidade que diz respeito à produção conforme a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos produtivos. Tal princípio é imperativo de flexibilidade para ocorrer facilmente alteração das tarefas atribuídas ao maquinário empregado nos processos de produção (SILVEIRA, 2016).

Salienta-se que a literatura inglesa inclui o princípio da interoperabilidade como facilitador da Indústria 4.0, significando que todos os CPS's dentro da planta industrial (suportes de peças, estação de montagem e produtos finais) devem ser capazes de comunicar uns com os outros "através de redes abertas e descrições semânticas" (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015, p.12). Nesse sentido, entende-se que a efetividade do sistema CPS de uma *smart factory* e de seus trabalhadores conectados por meio da *IoT* e *IoS* se tornam fator chave para o sucesso efetivo da comunicação entre os CPS's de seus vários fornecedores.

2.1.2.2 Pilares da Indústria 4.0

Basicamente, há nove pilares da Indústria 4.0 (Figura 4), dentre os quais se encontra a internet das coisas (*IoT*). A internet viabilizou que as tecnologias máquina a máquina atingissem avançado nível de comunicação, com aporte para serviços, pessoas, máquinas ou qualquer objeto físico com sistemas embutidos, despontando daí a *IoT* (MACDOUGALL, 2014; FIRJAN, 2016).



Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0
Fonte: Rotta (2017).

A primeira referência à *IoT* ocorreu em 2005, em publicação da *International Telecommunication Union* (ITU), Agência das Nações Unidas para Tecnologia da Informação e Comunicação. A ITU a definiu como a conexão de todos os objetos e dispositivos usados no cotidiano para todos os tipos de redes conhecidos: intranets, redes *peer-to-peer* e a internet global (ITU, 2005). Desde então, outros conceitos surgiram na literatura, porém expressam a percepção de que há (ou haverá) um mundo com objetos físicos equipados com uma lógica digital, sensores e capacidade de conexão à internet (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

A *IoT* consiste em uma conexão estabelecida em sistema de rede via internet, que utiliza objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas (MACDOUGALL, 2014; WANG et al, 2016). Tal conexão se dá por meio de dispositivos eletrônicos (CPS e sensores) embarcados que permitem a coleta e troca de dados (SILVEIRA, 2016).

Os produtos conectados possuem aplicações e diversas utilidades, porém estão unidos na mesma rede, ou seja, na internet. Na sua operacionalização, o valor potencial da *IoT* se amplia pelo fato de abrir leques e oportunidades em círculo de valor agregado para os produtos e serviços interconectados (FIRJAN, 2016).

Contudo, a qualidade de produtos inteligentes e conectados se torna essencial para ocorrer o funcionamento e a valorização da rede. A qualidade de tais produtos se destaca quando observados três elementos principais: (i) componentes

físicos, que diz respeito à parte mecânica e elétrica dos produtos; (ii) componentes inteligentes, que amplificam as capacidades e o valor dos componentes físicos, como sensores, microprocessadores, sistemas operacionais, armazenamento de dados e *softwares*; (iii) componentes de conectividade, que amplificam a capacidade e o valor dos componentes inteligentes e permitem que alguns deles existam fora do produto físico em si, como as portas de comunicação, antenas e protocolos que permitem conexões (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

Outro pilar da Indústria 4.0 é a *big data analytics*, cuja expressão é usada para descrever grande quantidade de dados digitalizados no mundo conectado à rede, cheio de sensores e orientado pela informação (CHANG; GRADY, 2015). A *big data analytics* consiste em estruturas de dados muito extensas e complexas que usam novas abordagens para captura, análise e gerenciamento de informações (WANG et al, 2016; SILVEIRA, 2016).

Considerável parte dessa quantidade que necessita de análise em tempo real não é estruturada, o que desperta preocupação quanto à capacidade de absorver as demandas originadas com a implantação mundial da Indústria 4.0. Embora haja oportunidades de uso de maquinário em rede no ambiente de *big data*, a sobrecarga de dados, abordagens técnicas tradicionais e crescimento quantitativo de dados mais específicos, acredita-se que a implantação mundial do modelo da Indústria 4.0 pode ultrapassar os atuais avanços científicos e tecnológicos na análise de dados nesse ambiente (CHEN, MAO, LIU, 2014; CHANG; GRADY, 2015). Nesse sentido, é que se discute a inabilidade das tradicionais arquiteturas para lidar com a aquisição de dados, armazenamento, gestão e análise, sendo requerida nova arquitetura escalável, *fourth scalable architecture* (4Vs). Amplamente reconhecidas, a 4Vs destaca o significado e a necessidade do *big data* na exploração de enormes valores ocultos (CHEN, MAO, LIU, 2014), tem características diferenciadas das versões anteriores quanto à: volume, que diz respeito ao tamanho do conjunto dos dados; variedade de dados em referência a múltiplos domínios, tipos e repositórios; velocidade, indicativo da taxa do fluxo dos dados; variabilidade, relacionada à ocorrência no conjunto dos dados (CHANG; GRADY, 2015).

Na perspectiva da Indústria 4.0, para lidar adequadamente com informações relevantes, além da preocupação com a arquitetura dos dados, a tecnologia *big data* atém-se a: conexão (*internet versus* indústria, sensores e CLP's – controladores lógicos programáveis, isto é, *cyber* (memória e modelo), *cloud* (nuvem, dados *versus*

demanda), controladores lógicos programáveis, customização (personalização e agregação de valores), conteúdo e comunidade (compartilhamento de informação) (GERBERT et al., 2015; WANG et al, 2016; ROTTA, 2017; SILVEIRA, 2016; CESAR SANTOS; DE ARAÚJO SALES, 2015; AZEVEDO, 2018).

Muitas indústrias em operação atualmente já se utilizam de *softwares* do *cloud* nuvem em alguns aplicativos corporativos e analíticos (SILVEIRA, 2016). Porém, com a Indústria 4.0, haverá maior volume de atividades fabris que exigirão maior compartilhamento de dados, para tal, o desempenho das tecnologias de nuvem deverá melhorar para agilizar os tempos de respostas. Em consequência da implementação do conceito de Indústria 4.0, a armazenagem de dados e a funcionalidade das máquinas, cada vez mais, deverão utilizar nuvem para comportar serviços orientados a dados voltados para os sistemas de produção, monitoramento e controle de processos (GERBERT et al, 2015). Nota-se que são os fornecedores de sistemas de execução de fabricação que estão entre as organizações que começaram a oferecer soluções baseadas em nuvem (WANG et al, 2016; GERBERT et al, 2015; SILVA, 2017).

A segurança cibernética é outro pilar da Indústria 4.0 que, associada à robustez dos sistemas de informação, afigura-se como um dos principais desafios para o sucesso da Quarta Revolução Industrial (SILVEIRA, 2016).

As medidas de segurança visam aumento da: (i) confidencialidade pela restrição de acesso a dados-serviços a máquinas específicas e usuários humanos; (ii) integridade devido à previsão-completude de dados e operação correta dos serviços; (iii) disponibilidade que se afigura como um meio de medir a capacidade de um sistema para executar uma função em determinado momento (MACDOUGALL, 2014).

Em função de transtornos na produção da Indústria 4.0 que podem ocorrer, por exemplo, por falhas na transmissão da comunicação máquina a máquina ou “engasgos” do sistema, a questão da segurança e proteção se torna essencial (SILVEIRA, 2016). Porém, para além das questões da segurança cibernética no âmbito operacional, redes extensas e a possível ampliação do potencial de acesso de terceiros significam que, no contexto da Indústria 4.0, surge nova gama de questões de seguridade, sendo necessário colocar em prática os seguintes pontos: (i) segurança por *design* como princípio-chave e (ii) novas estratégias, arquiteturas e padrões de seguridade de TI's (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A maioria dos sistemas de segurança cibernética contra ataques externos, geralmente utiliza medidas físicas, como restrições de acesso ou outras medidas de segurança centralizadas. Em sistemas de produção baseados em CPS's, não é suficiente a adição de recursos de segurança em sistemas já existentes. Fato esse que requer que todos os aspectos relacionados à segurança e seguridade da Indústria 4.0, ante a alta conectividade, precisam ser projetados desde o início da elaboração do projeto de CPS's. Em decorrência, há necessidade de que sejam desenvolvidas e implementadas estratégias, arquiteturas e padrões de segurança de TI's, segurança cibernética, para conferir alto grau de confidencialidade, disponibilidade e integridade para as interações entre tais componentes altamente interconectados, abertos e heterogêneos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; GERBERT et al, 2015; WANG et al, 2016). Devido à característica de tal interação entre tais componentes, também há necessidade de sistemas que protejam o *know-how* do processo digital da organização, contido em seus arquivos de controle dos processos (MACDOUGALL, 2014; SILVEIRA, 2016; CESAR SANTOS; DE ARAÚJO SALES, 2015).

2.1.2.3 Principais características da Indústria 4.0

Basicamente, são três as principais características diferenciais da Indústria 4.0: (i) integração horizontal por meio de redes de valor; (ii) integração vertical de sistemas de manufatura em rede; (iii) integração digital de ponta-a-ponta em toda a cadeia de valor, engenharia de ponta (WANG et al, 2016).

A integração horizontal se dá por meios de redes de valor; a integração vertical por sistemas conectados de manufatura; a integração de engenharia ponta-a-ponta ocorre por meio da cadeia de valor (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; GERBERT et al, 2015; HOZDIĆ, 2015; WANG et al, 2016).

A integração horizontal viabiliza a colaboração entre diferentes organizações em um ecossistema eficiente. Por meio dela, materiais e informações devem fluir perfeitamente, em uma rede de valor. Na integração horizontal entre organizações, as corporações inter-relacionadas podem formar um ecossistema eficiente. Por ela, informações, finanças e materiais podem mover-se fluentemente entre essas corporações. Portanto, novas redes de valor e modelos de negócios podem emergir (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; WANG et al, 2016).

A integração vertical garante a comunicação entre diferentes sistemas hierárquicos de uma mesma fábrica para a criação de sistemas de manufatura flexíveis e reconfiguráveis. Portanto, a configuração da integração vertical consiste na própria unidade fabril, ou seja, trata-se da implementação de uma com base no conceito de Indústria 4.0. É, pois, a *smart factory* capaz de produzir pequeno lote de produtos personalizados com eficiência e lucratividade (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; HOZDIĆ, 2015; WANG et al, 2016).

Antes da Indústria 4.0, alguns esquemas avançados de fabricação foram propostos para superar as desvantagens das linhas tradicionais de produção, como, por exemplo, a fabricação flexível e em pequenos lotes. Porém, a indústria se tornava praticamente inviável diante da concorrência global, pois a maioria de seus sistemas de TI's não estava totalmente integrada, dificilmente a indústria se interligava com fornecedores e clientes e, raras vezes, suas funções e departamentos se interconectavam com a engenharia de produtos, automação e processos fabris (GERBERT et al, 2015). No entanto, com a Indústria 4.0, à medida que evoluírem as redes universais de integração de dados entre organizações e permitirem cadeias de valor totalmente automatizadas, abrem-se possibilidade de integrações mais coesas entre organizações de uma mesma cadeia de valor, funções, departamentos e capacidades produtivas de unidades fabris individuais ou coprodutoras (MACDOUGALL, 2014; HOZDIĆ, 2015).

A integração de engenharia ponta-a-ponta consiste no processo de criação de valor centrado no produto e representa a ligação de todas as diferentes etapas da criação a fim de possibilitar customização. O efeito do *design* do produto na produção e no serviço pode ser previsto pelo uso da cadeia de ferramentas de *software* para que os produtos personalizados sejam ativados adequadamente (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; WANG et al, 2016). Com a Indústria 4.0, há utilização de novos recursos de manufatura, artefatos inteligentes que negociam uns com os outros, viabilizam a reconfiguração dinâmica dos processos e permitem coordenação de todo o sistema produtivo; com isso, a produção alcança maior flexibilidade (HOZDIĆ, 2015; WANG et al, 2016).

A grande maioria das agroindústrias brasileiras, em particular, aquelas produtoras de carne de frango, encontra-se na fase de especulação e/ou de transição da Indústria 3.0 à Indústria 4.0 (BREDA, 2011). Ao que parece, os desafios atuais e futuros que envolvem as indústrias produtoras de carne e produtos cárneos

se concentram no aumento da complexidade dos produtos e processos, volatilidade do mercado, encurtamento dos ciclos produtivos, evolução e inovação das TI's.

Sob análise dos princípios mais gerais da Indústria 4.0, retomam-se algumas lacunas que devem ser sanadas para ocorrer migração das Indústrias 3.0 para as Indústrias 4.0. (ROSEMANN; BRUIN, 2005; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DA XU; HE; LI, 2014; LICHTBLAU et al, 2015; WANG et al, 2016; CNI, 2016; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; SCHUH et al, 2017). Nesse processo estão implicadas:

- a) Incertezas dos benefícios de retorno dos investimentos; custos ainda não claramente conhecidos e falta de indicadores adequados à medição;
- b) Comunicação entre produção/produto inteligente próprios da Indústria 4.0 e produção/produto da automatizada provindos da Indústria 3.0;
- c) Complexidade *versus* usabilidade das tecnologias da indústria 4.0;
- d) Proteção de dados e privacidade da própria Indústria 4.0;
- e) Integração e interoperabilidade, *gaps* quanto à capacidade de máquinas, dispositivos tecnológicos e pessoas se conectar e se comunicar via *IoT* ou *IoP (Internet of People)*, bem como a capacidade de promover assistência técnica às pessoas, tecnologias e máquinas inteligentes;
- f) Dificuldades na transformação das Indústrias 3.0 em Indústrias 4.0, com base na migração das tecnologias 3.0 às tecnologias 4.0, particularmente, baseadas nos CPS's devido à complexidade tecnológica, investimento necessário, custos da migração e com capacitação de pessoal na linha de produção, controle e manutenção;
- g) Regulações sobre a organização do trabalho;
- h) Incertezas na confiabilidade do desempenho dos sistemas produtivos;
- i) Segurança e limites de proteção nas linhas de produção da Indústria 4.0;
- j) Gerenciamento da complexidade da Indústria 4.0.

Surgiram diversos protocolos para medir o nível de maturidade da Indústria 3.0 em direção à Indústria 4.0, chamados modelos de maturidade, que investigam a realidade para, então, classificar capacidades de certos domínios de conhecimento, os quais são utilizáveis para análises, comparações com competidores e/ou com referências naquele domínio específico (*benchmarking*) (SCHUH et al, 2017).

Tipicamente, os modelos de maturação contemplam procedimentos de avaliação segmentados em níveis e dimensões. Os níveis (rótulos ordinais) indicam estágios de maturidade, e as dimensões representam capacidades específicas do domínio de conhecimento de interesse àquela determinada avaliação. Em geral, cada modelo serve para medir determinado elemento particular de um domínio de conhecimento, mas uma mesma avaliação pode haver combinação de múltiplos modelos (ROSEMANN; BRUIN, 2005), o que pode se tornar um grande desafio, em particular quando há diferentes níveis e dimensões para serem avaliados.

As críticas a modelos de maturidade até então existentes, em geral, incluem insuficiente acurácia, documentação inconsistente, base teórica inadequada e tendenciosas abordagens para o escopo do modelo, ainda que a pesquisa contemple método empírico (O'DONOVAN; BRUTON; O'SULLIVAN, 2016).

Em pesquisa feita na Alemanha sobre maturidade e adoção do conceito de Indústria 4.0, modelo de maturação VDMA-IMPULS (LICHTBLAU et al, 2015), as indústrias pesquisadas apontaram os motivos pelos quais o conceito de Indústria 4.0 tem motivado mudanças na estrutura organizacional, quais sejam: a oportunidade de diferenciação no mercado (muito aplicável=49,7% e aplicável=38,5%); espírito inovador, precisa experimentar (muito aplicável=45,4% e aplicável=39,0%); parte importante para ser líder em tecnologia experimentar (muito aplicável=40,3% e aplicável=35,9%); e requisitos do mercado e pressão competitiva experimentada (muito aplicável=33,8% e aplicável=43,3%). Entre os obstáculos para obtenção de sucesso que, por conseguinte, também constituem a razão para alcance ou não de desejados níveis de maturidade, foram citados: (i) inadequada infraestrutura de rede de internet; (ii) questões legais não resolvidas; (iii) burocracias internas e questões regulatórias, e, ainda, uma série de “falta”: (iv) de clareza sobre os benefícios econômicos; (v) de conhecimento ou mão de obra qualificada; (vi) de normatização e padrões; (vii) de confiança na segurança dos dados; (viii) de cultura corporativa para o conceito da Indústria 4.0; (ix) de informação sobre a necessidade do mercado; (x) de recursos financeiros para realizar investimentos; (xi) de abertura da força de trabalho para a digitalização e; (xii) de clareza e sensível hesitação por parte de grandes empresas quanto ao poder de absorção e comportamento do mercado consumidor.

Como sugestão para a superação desses obstáculos, os pesquisadores incluem ações a serem adotadas por aquelas que desejam se engajar no processo de transformação da Indústria 3.0 para a Indústria 4.0 (Quadro 4).

Quadro 4 – Ações propostas às empresas conforme nível de maturidade

NÍVEL	AÇÃO PROPOSTA
<p><i>Newcomers</i> (recém-chegada; fase inicial de implantação).</p>	<p>Criar a conscientização para a Indústria 4.0 dentro da organização. Estabelecer a Indústria 4.0 na estratégia e na cultura corporativa. Criar as fundações tecnológicas para construir uma fábrica inteligente. Começar a integrar componentes e sistemas. Expandir o portfólio de produtos e serviços. Desenvolver as habilidades básicas da força de trabalho.</p>
<p><i>Learners</i> (aprendizagem ativa; fase intermediária de implementação).</p>	<p>Utilizar indicadores para monitorar a implementação da estratégia. Expandir as fundações tecnológicas. Aumentar as capacidades de análise de dados. Expandir as habilidades básicas da força de trabalho</p>
<p><i>Leaders</i> (liderança ativa; fase final de implementação).</p>	<p>Estender a Indústria 4.0 para a integração ao longo da cadeia de valor. Buscar a total digitalização dos processos. Desenvolver modelos de negócios orientados por dados baseados em produtos inteligentes. Continuar a expandir as habilidades da força de trabalho para a Indústria 4.0. Criar nova estrutura legal. Assegurar a proteção dos dados</p>

Fonte: Adaptado de Lichtblau et al. (2015).

2.1.3 Possibilidades e impactos da Indústria 4.0

As possibilidades de êxito da Indústria 4.0 estão concentradas na inovação e na conectividade e, por consequência, também na velocidade de ruptura do modelo de indústria que se sustentou na inovação proporcionada pela Terceira Revolução Industrial para o modelo sustentado pela Quarta Revolução, qual tem exercido forte impacto sobre as organizações do século XXI (SCHWAB, 2015). Nesse sentido, quatro efeitos principais têm exercido força sobre os negócios: (i) expectativas do cliente, (ii) aprimoramento de produtos, (iii) inovação colaborativa e (iv) formas organizacionais. Analisa-se.

O cliente, colocado no epicentro da economia mundial, requer produtos e serviços de qualidade. A organização, por sua vez, busca se utilizar de recursos digitais para aprimoramento de seus produtos e aumento do valor agregado. A

mudança da digitalização simples (Terceira Revolução Industrial) para a inovação com base em combinações de tecnologias (Quarta Revolução Industrial) exerce pressão sobre as organizações, o que as conduz à reavaliação da forma como fazem seus negócios. O resultado é a constatação do ambiente mundial em constante mudança, que impõe desafios às equipes operacionais, e da imperiosa necessidade de inovar continuamente (SCHWAB, 2015; SCHWAB; DAVIS, 2019). Parece, então, que o mundo dos negócios e da produção de bens e serviços no século XXI, inexoravelmente caminha em direção à *smart factory; intelligent factory; factory of the future, smart cities, smart grid, industries 4.0* (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; MACDOUGALL, 2014; HOZDIĆ, 2015; CNI, 2016; SILVEIRA, 2016; COELHO, 2016; SOUZA, 2018).

No mundo inteiro, entre os setores da economia das sociedades modernas, há evidências de que as TI's – que sustentam a Quarta Revolução Industrial – ditam novos hábitos e exercem grande impacto sobre as organizações, em especial devido à possibilidade de comunicação e integração entre máquinas e pessoas, máquina a máquina e entre organizações dentro de uma cadeia de valor.

À medida que avança a inovação em TI's, o processo de comunicação-interação passa a ser dinâmico, intuitivo, ágil e assertivo; as trocas de informação se revelam mais colaborativas e integradas. Isso ocorre na Indústria 4.0 quando se dá a criação de um ecossistema digital na cadeia de valor, na área de interesse em que se inserem as organizações, as quais se conectam e trocam dados e informações em ambiente de *IoT*. Além de fornecedores e parceiros, nessa cadeia de valor entrarão clientes que, ao não serem concebidos apenas como consumidores, passam a desempenhar papel ativo e influenciador sobre as tendências de mercado. No desempenho desse papel, vivenciarão novas experiências pelo contato *on-line* com produtos e serviços desejados (SCHWAB, 2015; SCHWAB; DAVIS, 2019).

Na adoção do modelo Indústria 4.0 há possibilidades de realização do planejamento e da programação integrada da produção, utilizando-se, para tal, a computação em nuvem que, em tempo real, permite combinar dados da organização com outros de fornecedores, parceiros e clientes (WANG et al, 2016). Dessa forma, a cadeia de valor se transforma em rede colaborativa, à medida que os envolvidos contribuem para otimização e melhoria dos processos produtivos (FIRJAN, 2016).

A troca de informação em rede possibilita a redução dos custos fabris, de logística, evita perdas com estoque, permite identificar e conhecer cada integrante

da cadeia e suas reais necessidades, efetuar trocas de produtos ou serviços, controlar demandas de maneira ágil e produtiva, antecipar tendências de mercado, aumentar a eficiência no uso de maquinário pela redução do tempo de *setup* de uma linha de produção, por exemplo, dentre outras possibilidades (ROTTA, 2017).

O impacto exercido pela Indústria 4,0 parece se situar para além da correta operacionalização de TI's, pois se trata de uma inovação complexa que combina múltiplas tecnologias (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; HOZDIĆ, 2015). A complexidade da Indústria 4.0 tende a conduzir a organização para repensar a maneira como seus negócios e processos são geridos e desenvolvidos, a se posicionar na cadeia de valor, abrir-se para elaboração de novos produtos para atender às expectativas de mercado e a questionar como introduzi-los e distribuí-los adequadamente. Porém, é árdua a tarefa na conversão do modelo convencional para o digital (SCHWAB, 2015). Porém, maior ou menor impacto na adaptação dos sistemas depende do tipo de integração existente e esperada, já que na Indústria 4.0 é essencial a implementação dos três tipos-chave de integração, já comentados: integração horizontal, integração vertical e engenharia de ponta (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; GERBERT et al, 2015; WANG et al, 2016).

Diante de cenário mundial, mediante o êxito das Indústrias 4.0 implantadas nos EUA, Alemanha e Israel, aproximadamente 15% em operação (ROTTA, 2017), uma das preocupações da pesquisa nacional sobre o impacto da adoção do conceito de Indústria 4.0 no contexto brasileiro diz respeito à disseminação do conhecimento sobre esse tema, disponibilização de recursos, estratégias para enfrentamento da transição do modelo da indústria atual à Indústria 4.0, sistemas de gestão, tecnologia, emprego e formação de mão-de-obra.

Nesse sentido foram direcionados dois inquéritos brasileiros: um conduzido pela Confederação da Indústria Nacional (CNI, 2016), no início do ano de 2016, com a participação de 2.225 empresas (910 de pequeno, 815 de médio e 500 de grandes portes), inclusas em 29 setores das indústrias de transformação e extração, e o outro, nos meses iniciais de 2018, conduzido pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2018), que contou com a participação de 227 indústrias (sendo, 55% pequenas, 30% médias e 15% grandes portes).

O resultado de uma *survey* com abrangência nacional (CNI, 2016) mostrou que o conhecimento da indústria brasileira sobre tecnologias digitais e sua incorporação à produção – pré-requisitos indispensáveis para o avanço da Indústria

4.0 – ainda é pouco difundido. Constatou-se que 42% das empresas pesquisadas não tinham ciência da importância das TI's digitais para a competitividade industrial e mais da metade (52%) informaram que não utilizavam nenhuma das TI's digitais incluídas na lista de opções ofertada no inquérito, que contemplava: automação digital sem sensores; automação digital com sensores de controle de processo; monitoramento e controle remoto da produção através de sistemas como MES (Sistemas de Execução de Fabricação) e SCADA (Controle de Supervisão e Aquisição de Dados); automação digital com sensores para identificação de condições de produto e operação, linhas flexíveis; sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e fabricação de produtos; fabricação aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D; simulações/análise de modelos virtuais (elemento finito, dinâmica de fluidos computacional, e outros não especificados) para projeto e comissionamento; coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (big data); uso de serviços em nuvem associados ao produto; incorporação de serviços digitais em produtos ("Internet das coisas" ou sistemas de serviços de produtos); projetos de fabricação assistidos por computador CAD/CAM (do inglês *CAD-Computer Aided Design* e *CAM-Computer Aided Manufacturing*).

Dentre os resultados do inquérito (FIESP, 2018), constatou-se que 68% das indústrias participantes já tinham ouvido falar sobre Indústria 4.0; 41% dessas já utilizavam *lean manufacturing* (manufatura enxuta) ou sistema de produção enxuta; 5% se mostram "muito preparadas" para enfrentar os desafios da Indústria 4.0; 30% já tinham iniciado o processo de transição e 25% estavam na fase de planejamento. As áreas que revelaram maior potencial para serem beneficiadas pela Indústria 4.0 foram: produção (55%), controle da produção (50%) e de qualidade (32%), rastreabilidade (38%), planejamento (31%), e engenharia de criação (*design*) e desenvolvimento de novos produtos (31%). As indústrias de grande porte destacaram as áreas de manutenção (34%) e suporte a clientes (31%). Entre os desafios à adoção do conceito de Indústria 4.0 foram apontados recursos (relação custo *versus* benefício no investimento), estratégias de ação (pequenas como se adaptar a esse conceito e esperar pelo movimento do mercado), gestão, tecnologia e formação de mão-de-obra. Dentre as tecnologias avançadas, os maiores impactos apontadas pelas indústrias pesquisadas ficam por conta da *big data* (21%), monitoramento e controle remoto da produção (15%), digitalização (12%) e robótica

(11%), sendo que 82% das pesquisadas usam frequentemente *softwares*, *hardwares*, sistemas operacionais, equipamentos e ferramentas da internet de serviços (*IoS*, do inglês *Internet of Services*). Esse contingente revela maior preocupação com a segurança cibernética, pois 31% já sofreram ataques (16% pequenas, 8% médias e 7% grandes indústrias).

Quanto à formação de mão-de-obra, a pesquisa (FIESP, 2018) revelou consenso entre as indústrias sobre quais qualificações serão esperadas para o profissional da Indústria 4.0, assim listradas: automação, segurança cibernética e (capacidade) analítica e preditiva, habilidade de “programação” (indicada pelas pequenas indústrias), “gerenciamento de dados” (destacado por médias e grandes) e Data Science (priorizada pelas grandes).

As informações compiladas na pesquisa (FIESP, 2018) são concordantes com o Relatório do Fórum Econômico Mundial (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018) sobre o futuro do trabalho/emprego – *The Future of Jobs Report 2018*. Nesse Relatório, em nível mundial, supõe-se que, até 2022, mais de 36% dos postos de trabalho vão requer habilidades específicas e indispensáveis para a solução de problemas complexos, sendo que a força física será utilizada para apenas 4% das funções empresariais.

No mercado brasileiro surgirão postos de trabalho para funções emergentes, programadores e analistas de aplicativos e *software*; diretores, gestores e gerentes executivos; cientistas e analistas de dados; profissionais de vendas e de marketing, gerentes gerais e de operações; representantes comerciais (para venda no atacado e varejo); profissionais para criação e elaboração de produtos técnico-científicos; especialistas em recursos humanos; analistas financeiros; profissionais para trabalho com banco de dados e rede de computação na nuvem; consultores financeiros e de investimento (LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018).

A percepção brasileira sobre postos de trabalho/emprego está associada à adoção de TIs no contexto da Indústria 4.0. Conforme o citado por Leopold, Ratcheva e Zahidi (2018), as empresas brasileiras predispõem-se à adoção de tecnologias de *big data*, *IoT*, aplicativos da *web*, computação em nuvem (*cloud*), impressão 3D, dispositivos para biotecnologias e computação quântica, robôs de chão de fábrica (*humanoid robots*), robôs aéreos e submarinos (*drone's*).

Além da questão do trabalho/emprego, prevê-se que a adoção de tecnologia da Indústria 4.0 terá efeitos sobre oito áreas da indústria brasileira que se mostram

mais suscetíveis a sofrerem grandes impactos, particularmente pela utilização das TI's, são elas: (i) automotiva, (ii) alimentos e bebidas, (iii) máquinas e ferramentas, (iv) petróleo o gás, (v) têxtil e vestuário, (vi) química e petroquímica, (vii) tecnologias das TIC's e TI's; (viii) construção civil (SENAI, 2018; LEOPOLD; RATCHEVA; ZAHIDI, 2018).

A área automotiva brasileira mostra elevado nível de automação em seus processos (LENCIONI, 2015), cuja produção lança novas tendências importantes que são seguidas frequentemente por vários outros ramos da atividade industrial com base na sua eficiência pelo emprego da microeletrônica, automatização, redução de empregos e aumento da produtividade (DOS SANTOS, 2015). Sobre essa área, as TI's impactam fortemente nas etapas de concepção e em todo o processo produtivo, isso porque as transformações decorrem do aumento da robotização colaborativa nas linhas de produção, comunicação máquina a máquina, *IoT*, impressoras 3D e simuladores de processo (SENAI, 2018).

A área de alimentos e bebidas tem importância socioeconômica fundamental no Brasil, pois é responsável pelo equivalente a 10% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e 20% do total do PIB da indústria de transformação. Essa área tem investido em seus processos produtivos e intensificado a dinâmica tecnológica, com crescimento de empresas inovadoras (produtos e processos) em torno 10% entre 2008 a 2011 (RAIMUNDO; BATALHA; TORKOMIAN, 2017).

As sofisticadas tecnologias de automação viabilizadas pela evolução da microeletrônica, utilizada na indústria de alimentos e bebidas, também encorajam aplicação para máquinas de campo, que incorporam inteligência artificial e sistemas avançados de sensoriamento na produção da matéria-prima. Nessa área, a adoção do conceito de Indústria 4.0 oportuniza a produção com qualidade, segurança, economia e sustentabilidade (GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 2008).

Possíveis transformações devido ao uso de TI's decorrerão do uso de *softwares* avançados para controle de processos e implantação de processos álcool-químicos para produção de eteno, butadieno, butanol, acetaldeído, entre outros; ampla utilização de *big data analytics* e *softwares* para previsão orçamentária industrial (global e setorial), e maior aplicação de *drone's* para monitoramento e segurança das áreas de plantio (SENAI, 2018). Parte dessa temática voltada à área de produção de alimentos será retomada na sequência (seção 2.2).

No contexto brasileiro, ao unir tecnologias aos processos e às mudanças incrementais em máquinas e equipamentos nas linhas de produção, observa-se grande impacto das TI's sobre a área de maquinarias e ferramentas. Um exemplo de mudança nessa área diz respeito ao aumento do uso das tecnologias de realidade virtual, manufatura aditiva, máquinas-ferramentas com maior velocidade e maior precisão; além do uso de novos materiais como os de base polimérica, cerâmica e de nanotubos de carbono. Essa área, em pequena proporção, adota a robotização da produção nas etapas de soldagem e montagem (SENAI, 2018).

A área brasileira da produção de petróleo e gás adota TI's, mas o grande desafio ainda é encontrar soluções tecnológicas mais adequadas para diferentes contextos de exploração da matéria-prima. Por exemplo, em projetos de exploração afastados da costa (*offshore*) há perspectiva que a incorporação de inovações tecnológicas com ferramentas digitais favorecerá a superação de desafios devidos à locação de equipamentos, sistemas de produção e acesso a jazidas em águas ultraprofundas e a redução de custos operacionais (IEL, 2018).

Nesse contexto, são destaques algumas ferramentas de inovação, como: robótica autônoma e colaborativa; uso crescente de novos materiais (especialmente fibras de carbono), nanomateriais compósitos, nanopolímeros e mecatrônica; propriedade compartilhada de produtos, processos e equipamentos; integração de novas tecnologias e com demais processos industriais; aperfeiçoamento das tecnologias de imageamento e sísmica para melhoria do processo de decisão de locação de poços e da capacidade de interpretação de dados e modelos geológicos sobre geração, migração e acumulação de hidrocarbonetos; desenvolvimento de algoritmos com interpretação da sísmica com dados livres de ruído, para identificação de zonas permoporosas de melhor qualidade e alcance das melhores áreas de acumulação (*cream do sweetspot*); completação inteligente de poços pelo monitoramento e gerenciamento de reservatórios em tempo real; aperfeiçoamento das tecnologias de tratamento do gás natural e de separação de dióxido de carbono (CO₂); padronização e modularidade dos componentes *subsea* para ganhos de escala e custos reduzidos de novas locações; integração de *hardware/software* e novos modelos de gerenciamento de dados, informações e novas rotinas, para tomada de decisão por meio do uso da inteligência artificial (IEL, 2018).

A adoção desses *clusters* tecnológicos sugeridos terá impacto positivo na área de produção de petróleo e gás brasileiro e nas exportações (IEL, 2018).

Relevante mencionar que cada um dos pontos exportadores possui uma geografia diferente que requer adaptações e atenção específicas. Nesse sentido, contribuem os sensores da *IoT*, que permitem acompanhar o funcionamento de válvulas do setor de óleo e gás, por exemplo, para detectar se elas foram abertas, fechadas ou se vazam, verificar se a temperatura e o volume de processamento estão adequados. Importa registrar que tais sensores facilitam manutenção mais assertiva e deslocamento inteligente de produção (SENAI, 2018).

A Terceira Revolução Industrial permitiu a utilização, na área têxtil e vestuário, de artefatos de customização em massa, mas ajuste do vestuário ao corpo e cor esperada foram duas limitações impostas. Por outro lado, algumas soluções tecnológicas, como escaneamento, modelagem 3D e estamperia digital foram procedimentos que surgiram angariados pela Quarta Revolução Industrial e que, gradualmente, estão sendo adotados pela indústria têxtil (DUARTE, 2017). Nessa área, as contribuições da Quarta Revolução Tecnológica, que preconiza conexão entre todos os fluxos de informação ao longo do processo produtivo, permitem o desenvolvimento de sistemas autônomos de produção têxtil (BRUNO, 2017), o que viabiliza que a produção seja mais rápida e flexível. Tem-se observado áreas promissoras com a adoção do conceito de Indústria 4.0, que utilizarão têxteis inteligentes no processo produtivo, fabricação de tecidos duas dimensões (2D) e três dimensões (3D) e têxteis médicos de importância à saúde pública (BRUNO, 2017).

Notadamente, o futuro da produção e consumo de produtos têxteis para exploração das vantagens do baixo custo no sistema da produção da Indústria 4.0 requer uso intensivo de tecnologia ubíqua nos computadores vestíveis (*wearable's*), novos sistemas de produção (minifábricas, fábricas digitais, impressoras 3D) e uso da biotecnologia e nanotecnologia na fabricação de tecidos funcionais (BRUNO, 2017; DUARTE, 2017). Além disso, possivelmente os efeitos a montante da disseminação de indústrias de confecção sob os princípios da Indústria 4.0 impulsionem a melhoria qualitativa da indústria têxtil e favoreçam seu desenvolvimento científico-tecnológico, permitindo, assim, “a substituição progressiva das importações de fios e tecidos inteligentes, tendo em vista que, inicialmente, a demanda por novas tecnologias de produtos têxteis deverá ser suprida, em grande parte, pelo mercado global” (BRUNO, 2017, p. 135).

Estima-se que a crescente adoção do conceito de Indústria 4.0 na área de têxtil e de vestuário causa grande impacto, pois suas tecnologias são capazes de

criar, com baixo custo, produtos diferenciados e personalizados que atendam a um tipo de consumidor que requer exclusividade e alto nível de qualidade (BRUNO, 2017; DUARTE, 2017). A ampla incorporação de TI's nas etapas de criação, concepção e prototipagem de produtos têxteis e vestuários contribuirão para o alcance da máxima customização. Igualmente, a utilização de *smart clothes*, que permitem coletar informações pela interação do tecido com o corpo e com o ambiente, e aumento da automação em diversas partes da costura serão decisivos para o avanço da área brasileira de têxtil e vestuário (SENAI, 2018).

Pelo menos uma das quatro áreas de conhecimento da Engenharia Química, subgrupos de processos – que compreende concepção, dimensionamento e análise dos processos industriais – sofrerá impacto das novas TI's (SENAI, 2018). Há perspectiva da existência de três principais maneiras pelas quais as novas TI's terão influência sobre a indústria química: (i) pelo aumento de desempenho nos processos de manufaturas, vendas e marketing, pesquisas e desenvolvimento (P&D); (ii) pela mudança de clientes da indústria química; (iii) modelo de negócios atrelado ao desempenho de uso do cliente (ALMEIDA; PARK, 2017). Prevê-se, ainda, que as mudanças devidas à aplicação das TI's, na indústria química exerçam impactos diretamente na aprendizagem e atualização do conhecimento técnico para garantir a total comunicação dos sistemas e funcionalidade dessas tecnologias, daí porque o profissional de Engenharia Química deve ser também qualificado quanto ao conhecimento das ferramentas tecnológicas (ALMEIDA; PARK, 2017)

Na área da Engenharia Química, estima-se que haverá automação de todos os processos contínuos e robotização dos processos discretos, uso mais intensivo da *IoT* nas etapas dos processos produtivos e coleta de informações. A aplicação dessas inovações afetará a produção, desenvolvimento de novos produtos com utilização dos conceitos de nano e biotecnologia, e novas composições poliméricas para tintas e vernizes, por exemplo (SENAI, 2018).

Notadamente, a Indústria 4.0 colocou a tecnologia inteligente com fator essencial para desenvolvimento e crescimento dos setores produtivos nas diferentes áreas de atividades do ser humano (MACDOUGALL, 2014). É provável que o avanço da inteligência artificial coloque em risco o trabalho/emprego de considerável parcela de trabalhadores em situação de empregados nos EUA, países da Europa e, possivelmente, em porcentagem ainda maior nos países ainda em desenvolvimento (NASCIMENTO; BELLINI, 2018). Todavia, na área das TIC's, destacam-se impactos

positivos pela digitalização das etapas dos processos produtivos, uso da *IoT* e redes *wireless* nas linhas produtivas e na comunicação entre robôs (SENAI, 2018).

Em função da diversificação da indústria brasileira e atratividade do mercado interno, espera-se que Indústria 4.0 crie oportunidades para desenvolvimento de fornecedores de soluções tecnológicas inteligentes. Mas, para aproveitamento pleno das oportunidades da área de TIC's será necessário desenvolver e fortalecer ferramentas de apoio (AZEVEDO, 2018). Como parte desse desafio, indústria e governo precisam identificar os nichos onde as barreiras de entrada para o desenvolvimento serão mais baixas e, por consequência, onde as possibilidades serão maiores (CNI, 2016). Não há dúvida de que a necessidade de impulsionar a criação de soluções para diferentes clientes em vários setores determinará oportunidades claras para serviços de integração de *software* e sistemas, por exemplo, nos quais o Brasil detém base competente (FIESP, 2018).

Por fim, a construção civil, área sensível aos efeitos de novos *startups* digitais colocados à disposição da engenharia e construção civil. Tais efeitos têm criado novas implicações, ferramentas e recursos avançados de *software*, *hardware* e capacidade de análise que, paulatinamente, mudam a forma como as empresas dessa área planejam, projetam e executam seus projetos. É notório que no campo de planejamento, tais ferramentas e recursos viabilizam integração e digitalização dos processos e, assim, proporcionam significativos benefícios à redução de falhas, o que gera aumento de eficiência e da produtividade (ALPERSTEDT NETO; ROLT; ALPERSTEDT, 2018).

Como já mencionado, a área de construção civil se encontra familiarizada com a utilização de novas TI's em seus processos, uso da domótica na automação predial – automação residencial – e da *IoT* para reunir informações detalhadas do que ocorre no canteiro de obras em tempo real e automatizar processos, como, por exemplo, pedidos de novos materiais convencionais e inteligentes e ferramentas, bem como uso de novos materiais como concretos translúcidos, que tem capacidade de auto reparo, e utilização de novas tecnologias para ofertar conforto térmico e acústico aos ambientes (SENAI, 2018).

Para que a agroindústria do frango possa se aproximar da realidade da Indústria 4.0, é necessária uma evolução nos seus processos, incorporando novas tecnologias que possibilitem maior automatização. Na atualidade, as atividades desenvolvidas nesse segmento ainda possuem uma dependência elevada de mão

de obra nas suas atividades produtivas. Esse tema será explorado em detalhes na próxima seção.

2.1.3.1 Automatização e o processo da agroindústria de frango

A automatização em agroindústrias de frango foi possibilitada pela evolução tecnológica promovida pela Terceira Revolução Industrial, especialmente observada nos avanços da microeletrônica que permitiram a miniaturização dos componentes elétricos (BREDA, 2011), os quais têm sido impulsionados pelas novas tecnologias que caracterizam a Quarta Revolução Industrial, a era da Indústria 4.0. Comumente, o processamento de carne frango se revela muito mais automatizado se comparado com o da produção de outras carnes de várias espécies animais (SOARES, 1988; BARBUT, 2015). Porém, a literatura acadêmica nacional tem se dedicado muito pouco para discutir a automação do processo de produção da carne e produtos cárneos de frango, o que se mostra como limitante à realização do presente estudo.

Em termos conceituais, a automação consiste, sobretudo, em uma mudança de filosofia da produção, responsável por transformar o processo industrial em sistemas complexos e integrados, desde a introdução da matéria-prima até o produto final, o qual pode ser um produto físico ou um processo comercial com vista a fornecer uma informação. Define-se, então, automação ou automatização como “toda a operação contínua e integrada de um sistema racionalizado de produção que utiliza equipamentos eletrônicos, ou de outro tipo, para regular e coordenar a qualidade e a quantidade da produção” (DOS SANTOS, 1983, p. 66).

A automação do processo produtivo requer mudanças profundas, como, por exemplo, no *layout* da planta de processamento, desenho do produto e processos para permitir a integração, resultando, por conseguinte, em uma transformação de toda a forma de produção (BARBUT, 2015). Portanto, a automação dos sistemas de produção deu origem a complexos produtivos autônomos, capazes de executarem funções de controle e autocorreção de suas atividades sem o auxílio do ser humano, de acordo com objetivos planejados previamente (DOS SANTOS, 1983).

A automação mundial na produção industrial acolheu as inovações tecnológicas que despontaram, particularmente, nas primeiras décadas do século XXI (BREDA, 2011; BARBUT, 2015). Como resultado, houve redução significativa nos custos de processamento de informações (ROTTA, 2017), o que incentivou o

surgimento de outras tecnologias que promoveram o desenvolvimento e a expansão da automação industrial (BARBUT, 2015) que, instalada, possibilitou o nascimento de complexos produtivos autônomos, segundo os objetivos planejados previamente, capazes de executarem funções de controle e autocorreção de atividades sem necessitar de auxílio do ser humano na linha de produção (BREDA, 2011).

As principais inovações surgidas no âmbito da Terceira Revolução Industrial, ainda no século XX, basicamente no campo da automação industrial, foram: máquinas-ferramenta com controle numérico – MFCN –, microcomputadores e equipamentos CAD/CAM e a robótica, robôs no setor de produção (SOARES, 1988).

As MFCN proporcionam aumento na produtividade, economia no tempo de uso e na manutenção da maquinaria, oportuniza fabricação de novos produtos específicos e mais complexos, viabiliza o processamento automatizado em pequenos lotes. Microcomputadores e computadores e respectivos terminais são responsáveis pela automação de escritórios – burótica – por meio de processadores de texto, planilhas eletrônicas, sintetizadores de voz, a automação bancária e do comércio pela simplificação de operações rotineiras e padronizadas. “O CAD permite definir a forma de uma peça, analisar tensões mecânicas e outros fatores [...]. Combinando CAD com o sistema CAM, o usuário pode manipular dados não gráficos, tais como listas de materiais, custos e outros” (RATTNER, 1985, p. 128-9).

Com o desenvolvimento dos *Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing* (CAD-CAM) surgiu o ICAM (em inglês *Integrated Computer Aided Manufacturing*) com o objetivo de possibilitar a aplicação de um sistema de fabricação integrado em uma unidade produtiva completamente automatizada. Por fim, os robôs que permitem a substituição da mão-de-obra de maneira eficiente, em comparação com a resistência física do ser humano no trabalho, adicionam maior flexibilidade ao capital fixo da organização e geram aumento na qualidade do produto (SOARES, 1988).

No modelo de Indústria 4.0, além da automação e da robótica, inúmeros sensores interligados de alto desempenho serão necessários para monitoramento de dados sobre produtos, desempenho do maquinário e dos processos e, sobretudo, para facilitar maior flexibilidade na produção (DAVIES, 2015).

A automação do processo de produção, transmissão de dados sobre produto à medida que ele passa pela cadeia de produção e o uso de robôs configuráveis

significa a possibilidade de uma mesma instalação industrial produzir uma variedade de produtos diferentes, conhecidos como produtos customizados (DAVIES, 2015).

A customização em massa permite a produção de pequenos lotes (mesmo que pequenos itens únicos) devido à capacidade de configurar as máquinas rapidamente para adaptação às especificações fornecidas pelo cliente e à fabricação aditiva, a qual consiste, basicamente, em um processo de criação de objetos sólidos tridimensionais a partir de modelos digitais (DAVIES, 2015; WANG et al, 2016; SILVEIRA, 2016).

A capacidade de flexibilização da linha produtiva acaba por incentivar a inovação, isso porque protótipos ou novos produtos podem ser produzidos rápida e facilmente sem a necessidade de ajustes complicados ou reconfiguração de novas linhas de produção. Projetos digitais e modelagem virtual do processo de fabricação ativa podem reduzir o tempo entre o *design* de um produto e sua entrega (WANG et al, 2016). Cadeias de fornecimento orientadas por dados também podem acelerar o processo fabril em estimados percentuais de tempo necessários à entrega de pedidos, em termos de horas de colocar os produtos no mercado (DAVIES, 2015).

A capacidade de flexibilização da linha produtiva tem favorecido a produção de carne e produtos cárneos de frango em agroindústrias semi-automatizadas ou totalmente automatizadas.

No entanto, ainda que mundialmente haja grande volume de indústrias processadoras de frango de corte que operacionalize seus processos de forma semi-automatizada pela utilização de máquinas individuais, considerável parte do parque industrial europeu, asiático e norte-americano já adotou princípios da Indústria 4.0 e, com isso, a tendência é maximizar o uso de equipamentos automatizados (WANG et al, 2016; ROTTA, 2017). Porém, é constatado que o nível de automação requerido para cada unidade produtiva vai depender de taxas de transferência por hora de produção, disponibilidade de mercado para acolher a demanda da produção e custo dos investimentos da Indústria 4.0.

Em agroindústrias avícolas, o processo típico de abate se inicia na recepção de aves vivas, seguido por pendura, insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, corte de patas, evisceração, pré-resfriamento, cortes ou seleção de carcaças inteiras, embalagem de cortes e carcaças inteiras, apontamento, congelamento ou resfriamento, armazenagem e expedição (Figura 5).

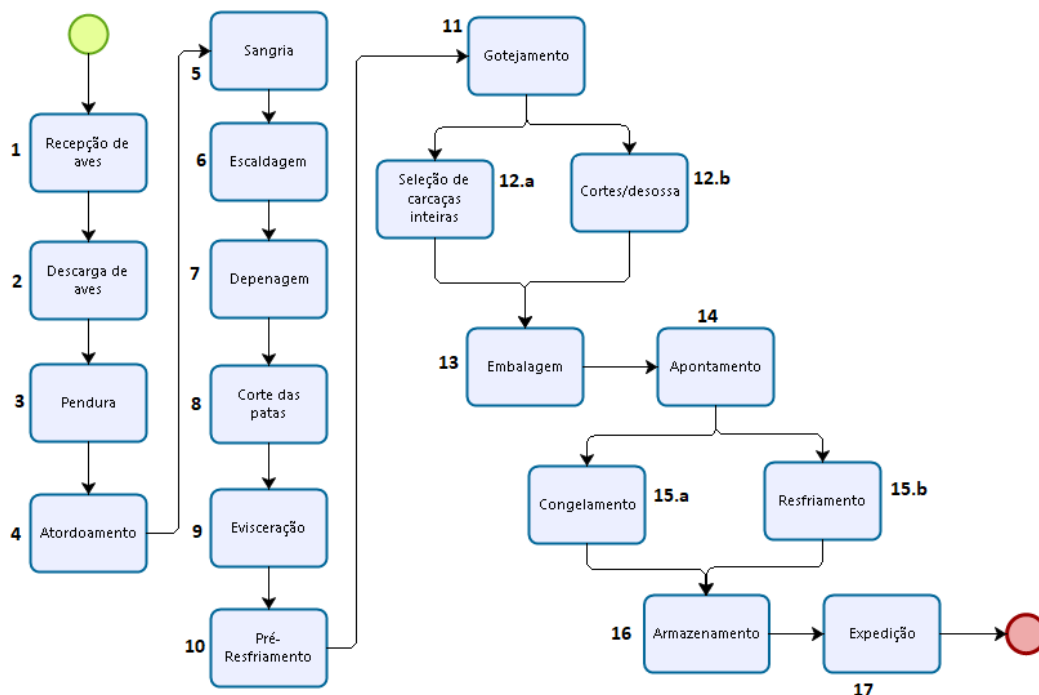


Figura 5 – Etapas típicas do processamento de abate de frango
 Fonte: Adaptado de Vieira; Guimarães Filho (2015) e Melz (2010).

Na etapa 1, recepção de aves, os animais chegam à Indústria dentro de gaiolas em caminhões e é recomendado que esses caminhões fiquem um tempo no box de repouso, em um ambiente bem ventilado e com sombra, possibilitando assim maior qualidade da carne (BARBUT, 2015; VIEIRA; GUIMARÃES FILHO, 2015; MELZ, 2010). Não há muito equipamentos envolvidos nessa etapa, normalmente são galpões equipados com ventiladores, acionados com a presença de caminhões.

Em grande parte das agroindústrias avícolas, a etapa 2 é realizada de forma manual, onde os funcionários colocam as caixas em uma esteira transportadora, porém há a opção de automatização desse processo. Já se tem desenvolvido um sistema onde todo o módulo é levantado e inclinado de maneira que a gaiola seja posicionada na esteira transportadora, que pode ser visualizado na Figura 6 (BARBUT, 2015).

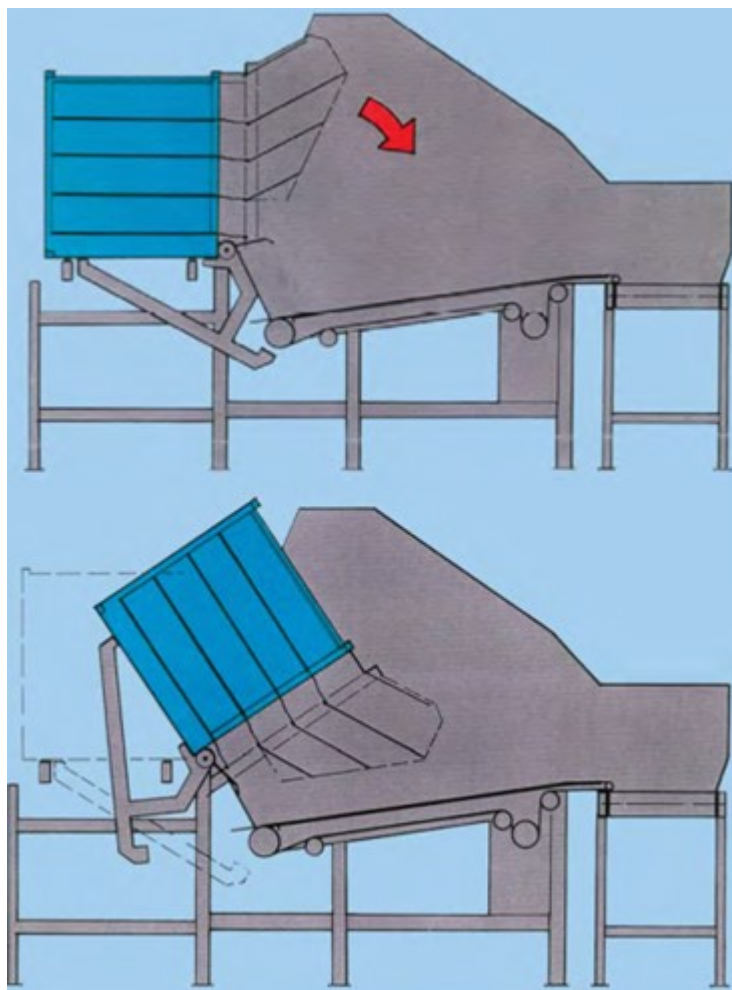


Figura 6 – Sistema de inclinação automatizado para descarga de aves
Fonte: Barbut (2015).

Na etapa 3 (pendura), as aves são retiradas manualmente das gaiolas uma a uma e são penduradas nos ganchos da nória (linha contínua com ganchos que conduzem os animais por toda a linha de abate) que é dotada de um parapeito que permite que as aves sejam conduzidas, respeitando as práticas de bem estar animal, até a cuba de insensibilização. Nessa etapa, além da pendura, os funcionários fazem a inspeção *anti mortem* do lote e separação de aves fora dos padrões de seguridade (TAVERNARI; ALBINO; ARAÚJO, 2012) para então seguir o processamento, para a etapa 4 atordoamento ou insensibilização. No Brasil, comumente, o atordoamento das aves é feito em cubas de eletronarcose com imersão em água. Porém, esse procedimento pode ser feito com gás (CO_2) ou por meios mecânicos (TAVERNARI; ALBINO; ARAÚJO, 2012).

As aves postas manualmente na nória de transporte seguem para as cubas de eletronarcose e, em seguida vindo a etapa 5, sangria. Esta pode ser feita

manualmente ou mecanicamente (PARDI et al, 1993; TAVERNARI; ALBINO; ARAÚJO, 2012).

Na etapa 6, a nória transportadora conduz as aves para a escaldagem que é feita sob temperatura de 59 °C. Logo na sequência (etapa 7), as aves passam pelo processo de depenagem, realizado por depenadeiras (catadores mecânicos dotados de dedos vibratórios feitos de borracha flexível) para a remoção das penas (TAVERNARI; ALBINO; ARAÚJO, 2012).

Algumas plantas de grande porte processadoras de carne de frango têm adotado um sistema de escaldagem a vapor (Figura 7). Este sistema é capaz de economizar até 70% da água quente usada no processo tradicional, o que resulta em grande economia tanto de água quanto de energia para aquecimento (MAREL POULTRY, 2016).



Figura 7 – Sistema de escaldagem a vapor
Fonte: Marel Poultry (2016).

Na saída da depenadeira, etapa 8, são realizados os cortes das patas. Nessa etapa, em geral, os pés são removidos da carcaça por uma lâmina circular posicionada ao longo da linha da manilha. Na perna, o corte é feito na articulação do joelho. Os pés separados seguem por uma esteira para um tanque que contém água aquecida (até 62 °C) para facilitar a remoção da cutícula (PARDI et al., 1993).

Modernos cortadores automatizados contêm lâminas circulares rotativas e mecanismos que promovem maior flexão da perna e facilitam o corte na altura correta. Assim, antes do corte é dobrada a perna da ave e, depois, faz-se pequena

incisão com uma faca estacionária. A depender da demanda do mercado, em vez de remover toda a perna, apenas é cortado o pé (cortando o jarrete), caso particular para atender a preferência do mercado em regiões do Japão (BARBUT, 2015).

A etapa 9 (evisceração) consiste na abertura da cavidade do corpo da ave e a retirada de suas vísceras. O procedimento pode ser feito manualmente, com uso de faca ou tesoura, ou semiautomatizado ou totalmente automatizado, no qual primeiro é utilizado uma lâmina móvel para abrir a cavidade e na sequência um braço, semelhante a uma concha, retira as vísceras (PARDI et al, 1993). Na evisceração a robótica ganha destaque, em especial para reduzir as possibilidades de contaminação microbiana (Figura 8).



Figura 8 – Máquina automática de evisceração de frangos
Fonte: Marel Poultry (2016).

Retiradas todas as vísceras, as aves são direcionadas para as etapas 10 e 11, sucessivamente, pré-resfriamento e gotejamento.

No Brasil, na etapa de pré-resfriamento, a água é usada para lavar e resfriar as carcaças inteiras que são automaticamente despenduradas da nória e caem em um sistema de resfriadores contínuos do tipo rosca sem fim, conhecidos como “pré-chiller” e “chiller”. São destinados ao recebimento de carcaças ou parte delas liberadas pela Inspeção (PARDI et al, 1993). Há outros métodos como resfriamento a ar, por pulverização intermitente de água ou combinações desses (certo tempo na água e o restante no ar – Figura 9) os quais são bastante usuais em agroindústrias de frango (BARBUT, 2015).



Figura 9 – Sistema de resfriamento a ar
Fonte: Marel Poultry (2016).

O gotejamento (etapa 11) é destinado ao escoamento da água da carcaça decorrente da operação de pré-resfriamento. Deve ser feito imediatamente com as carcaças suspensas pelas asas, pelo pescoço ou pelas pernas (PARDI et al, 1993). O *Dripping Test* (método de gotejamento) é usado para controle de absorção de água em carcaças congeladas submetidas ao pré-resfriamento por imersão, por isso, no final dessa etapa a absorção da água nas carcaças de aves não deverá ultrapassar ao equivalente a 8% de seus pesos (BRASIL, 1999). O emprego do *Dripping Test* vem a auxiliar o controle interno da indústria e assegurar a garantia na qualidade da carne.

Logos após às etapas de resfriamento e gotejamento, as aves são pesadas e classificadas. Na sequência ou são embaladas inteiras (etapa 12.a) ou cortadas ou desossadas (etapa 12.b) antes da venda e/ou submetidas a processamentos posteriores (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2009). Na etapa 12.a e 12.b (cortes e seleção de carcaças inteiras) que o emprego da automação se destaca.

O uso da automação no corte, utilizando imagem virtual (ampliada) e equipamentos da robótica têm sido frequentes em agroindústria de frango. Permitem garantir uniformidade e qualidade da produção (TAVERNARI; ALBINO; ARAÚJO, 2012).

A automação do corte é feita por máquinas “inteligentes” que possibilitam a obtenção de porções uniformes em relação à forma e peso. Dentre os modelos mais adotados em agroindústrias de frango, desponta a máquina de corte de alta

velocidade com lâmina de fatiamento rotativa e *scanners* a laser acoplado para medições e determinação do formato 3D predefinido ao corte de carne (Figura 10). A fatiadora produz centenas de cortes uniformes (padronizados) por minuto (BARBUT, 2015).



Figura 10 – Lâmina de fatiamento de alta velocidade
Fonte: Marel Poultry (2016).

Comumente, inspeção e gerenciamento de linhas processadoras de alta velocidade contam com exploração da imagem virtual, que se constitui como uma ferramenta tecnológica destinada a fotografar e analisar a imagem com auxílio de *software* específico (Figura 11). A imagem virtual representa importante ferramenta para gerenciamento de plantas de processamento de alta velocidade, em linha de produção contínua (BARBUT, 2015), seja na sala de cortes ou na etapa após evisceração.



Figura 11 – Análise de imagens computadorizadas
Fonte: Barbut (2015).

A robótica tem ampla aplicação dentro dos processos em agroindústrias de frango, sendo ferramenta auxiliar no controle da qualidade microbiológica da

produção de carne e de derivados cárneos de frango. Além dos exemplos citados, outros mencionados na literatura são: o equipamento automatizado para desossa do filé de peito de frango (Figura 12a) e braço robótico para desossa de peito de frango que está sendo desenvolvida (Figura 12b). O controle da força do braço robótico se torna fundamental para garantir uniformidade das peças desossadas e qualidade da produção industrial, particularmente quanto à qualidade microbiológica da carne para consumo humano, já que a desossa mecânica evita contato do trabalhador com o produto, como ocorre na desossa manual (EVANGELISTA; COSTA, 2013).

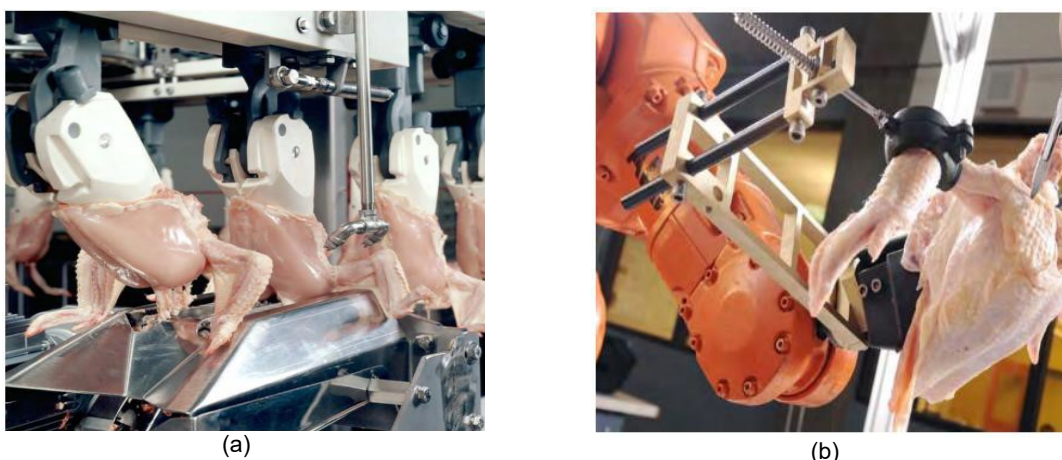


Figura 12 – Equipamentos automatizados para desossa de peito de frango
Fonte: Barbut (2015).

No processamento de carne de frangos, etapas 13, 14, 15.a, 15.b, 16 e 17 (Figura 5), a automação se faz presente. A começar pela pesagem. Grandes agroindústrias de frangos empregam equipamentos automatizados para pesagem. Tais equipamentos são conectados à rede de computadores e registram o peso e classificação de cada carcaça/corte, segundo o padrão desejado (Figura 13).



Figura 13 – Classificação automatizada
Fonte: Marel Poultry (2016).

Comumente, as modernas agroindústrias de frango automatizadas utilizam computadores sofisticados que podem combinar dados da análise do peso com imagem e comportamento do mercado para uma tomada de decisão sobre a melhor maneira de comercializar carcaças inteiras ou cortes. A decisão gerencial depende de informações sobre preços para vários cortes e carcaças, demandas do mercado por um dia/semana específico, requisitos para suprimento de carne na linha de produção, dentre outros. Esse processo pode resultar em economia significativa em agroindústrias de médio e grande volume de produção e que processam centenas de milhares de aves por dia (BARBUT, 2015).

Na etapa 13 (Figura 5), carcaças inteiras, cortes ou carne mecanicamente separada (CMS) podem ser acomodadas em pequenas embalagens destinadas para o varejo ou grandes recipientes para destinação industrial. O material usado na embalagem é projetado para proteger o produto da perda de umidade devido à evaporação, contaminação bacteriana cruzada pelo contato com mãos de funcionários ou consumidores, poeira e materiais estranhos, além de dar espaço para a empresa anunciar seu produto, utilizando para tal seu logotipo, receitas, informações nutricionais, dentre outras (PARDI et al, 1993).

Em agroindústrias automatizadas, na etapa 13, é possível que sejam usados robôs para embalar filés de peitos de frango, por exemplo. Nesse caso, o Robô Batcher é um dos mais utilizados (BARBUT, 2015). Com um braço móvel (Figura 14^a e Figura 14b) o robô pega os cortes em uma esteira rolante e organiza-os em bandejas.

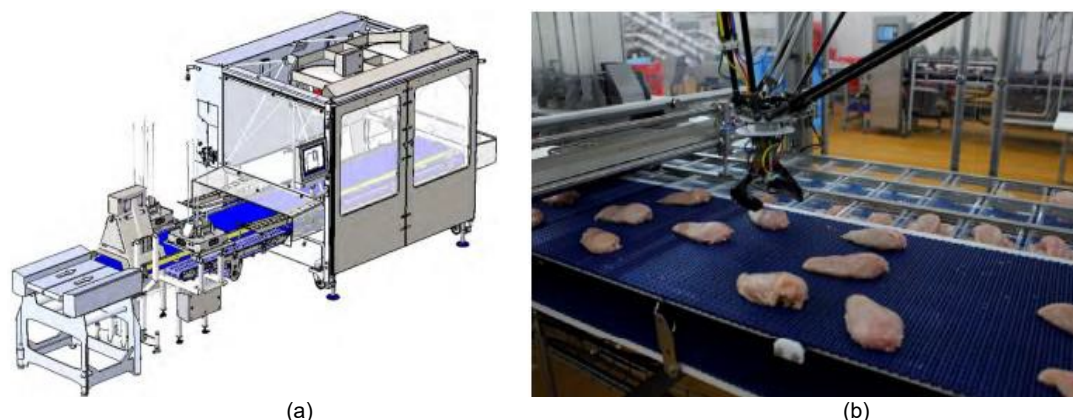


Figura 14 – Estrutura (a) e atuação (b) do robô *batcher flex* na indústria
Fonte: Adaptado da Marel Poultry (2016).

Depois da embalagem, sequentemente, vem a etapa de apontamento que se resume na etiquetagem, apontamento e registro de todos os produtos que serão encaminhados aos túneis de resfriamento ou congelamento. Para tal, utilizam-se etiquetas adesivas ou impressas automaticamente nas caixas que são colocadas em estantes ou por meio de esteiras são encaminhadas para o túnel de resfriamento – etapa 15.b - (temperatura ente 0 °C e 4 °C) ou direcionados para o túnel de congelamento – etapa 15.a - (temperatura máxima de -18 ° C), onde permanecem até o embarque ou são destinadas para uma câmara de estocagem (PARDI et al, 1993; VIEIRA; GUIMARÃES FILHO, 2015).

A etapa de congelamento é fundamental para garantir a conservação da carne e produtos cárneos por muito tempo e manter a maioria de suas características originais. O congelamento de carcaças e/ou cortes de frango consiste na transferência de calor devido à mudança de etapa no processamento (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2009).

Carnes e produtos cárneos possuem composição complexa e as condições de congelamento podem influenciar as perdas de água durante o descongelamento e, conseqüentemente promover mudanças de qualidade (PARDI et al, 1993). Em agroindústrias, comumente carcaças inteiras, cortes e produtos cárneos de aves são congelados em túneis de jato de ar forçado e baixas temperaturas. Os túneis de congelamento apresentam diversas geometrias e heterogeneidades no fluxo de ar, mas a transferência de calor do produto para o ar ocorre sempre em estado transitório (PARDI et al, 1993; BARBUT, 2015). Devido à complexidade das interfaces entre produto e embalagem primária, o espaço entre as embalagens

(primária e secundária) e as resistências térmicas de contato, existem dificuldades na transposição dessas resistências para a transferência de calor durante o congelamento (PARDI et al, 1993; GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2009). Modernas agroindústrias têm usado embalagens inteligentes com maior flexibilidade em comparação com as embalagens tradicionais.

Embalagem inteligente se refere ao uso de sensores/indicadores que podem monitorar a condição dos alimentos embalados e fornecer informações de qualidade durante o armazenamento (etapa 16, figura 5). Tais sensores servem para monitorar a integridade e o frescor da carne, o tempo e a temperatura (para detectar condições de abuso de temperatura, por exemplo) e fornecer identificação por radiofrequência. A inovação tecnológica envolve principalmente sensores físicos para monitorar a concentração de determinado produto químico (por exemplo, O₂, CO₂, ácidos), mas há pesquisas com interesse em biossensores (enzimas, antígenos, ácidos nucleicos e hormônios) para ajudar a monitorar o desenvolvimento de metabólitos durante o armazenamento de carne e produtos cárneos de frango (BARBUT, 2015).

Na etapa 17 (expedição, Figura 5) são usados equipamentos automatizados como esteiras, braços robóticos e robôs, além de *softwares* de logística para manuseio e controle do tempo de trânsito do produto, *softwares* para processamento de pedidos, embalagens e paletização, *softwares* para otimização da rastreabilidade em toda a sua cadeia de produção avícola, bem como o sistema automatizado de armazenamento e recuperação (do inglês, *Automated Storage and Retrieval System*, ASRS), definido também como máquina integrada de manuseio de materiais, controlada por computador e totalmente automatizada, usada para controle de depósito, armazenamento e recuperação de cargas. Existe também os equipamentos de engenharia assistida por computador (do inglês, *Computer Aided Engineering*, CAE) que diz respeito à implementação de ferramentas computacionais para realizar análises aprofundadas de engenharia de produção, aplicáveis na (re)estruturação de plantas de processamento de carnes (UNTERHOFER, 2018).

Notadamente, o conhecimento científico acumulado em áreas da Ciência da Computação, Microbiologia de Alimentos, Engenharias de Produção, Química e Robótica tem se revelado fundamental para a Indústria 4.0. Diferentemente de agroindústrias que concentram intensivo trabalho humano, há destaques para adoção de computadores, programas de *softwares* e operações robóticas.

2.2 RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

A Alemanha, precursora dos conceitos da Quarta Revolução Industrial, desenvolveu plano estratégico para implantar com sucesso a Indústria 4.0. Luo (2014) afirma que para seguir no caminho desse desenvolvimento é necessário seguir 4 etapas, sendo a primeira delas a construção de uma rede especializada, conhecida como CPS, que é a base da Indústria 4.0.

A outra etapa necessária é conhecer dois temas fundamentais, fábrica inteligente e produção inteligente. Fábrica inteligente é aquela que se concentra em sistemas e processos de fabricação inteligentes e na implantação de instalações de produção distribuída em rede. Já produção inteligente diz respeito a interação homem-máquina, gerenciamento de logística, impressão 3D e outras tecnologias avançadas, que podem ser aplicadas a todo o processo industrial para criar uma cadeia de valor industrial altamente flexível, personalizada e em rede (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015; LUO, 2014).

O investimento em pesquisa e desenvolvimento é fundamental. Se faz necessário pesquisar e aplicar as três integrações: vertical, horizontal e de ponta a ponta da engenharia. A integração horizontal garante integração da empresa com fornecedores e clientes; a integração vertical permite o compartilhamento em tempo real das informações entre todos os envolvidos; e a integração de ponta a ponta, que garante a integração de diferentes empresas com o objetivo de entregar um produto altamente personalizado e de máxima qualidade (ZHOU; LIU; ZHOU, 2015; LUO, 2014; KAGERMANN et al, 2013).

Para finalizar as etapas, é necessário realizar 8 objetivos de planejamento, que são eles: padronizar sistemas e arquitetura de rede; gerenciamento eficiente; estabelecer infraestrutura de internet abrangente de alta qualidade e confiável; segurança e proteção; organização e desenho do trabalho; treinamento e desenvolvimento pessoal e profissional contínuo; estabelecer uma estrutura regulatória e melhorar a eficiência do uso de recursos (LUO, 2014; DUJIN; GEISSLER; HORSTKÖTTER, 2014; KAGERMANN et al, 2013).

Para se obter sucesso na implantação da Indústria 4.0, Zhou, Liu e Zhou (2015), afirmam que existem tecnologias indispensáveis: internet móvel e tecnologias da internet das coisas, tecnologias de computação em nuvem, big data e

técnicas avançadas de análise e utilizar tecnologia CPS para construir uma plataforma Sistemas de Produção Ciber-Física (CPPS).

Dujin, Geissler e Horstkötter (2014), defendem a ideia de que para caminhar no sentido da Indústria 4.0 é indispensável que as iniciativas dos fornecedores de tecnologia, provedores de infraestrutura, usuários industriais e o governo estejam alinhadas e voltadas para o mesmo objetivo. Por exemplo, de nada adiantará se fornecedores de equipamentos e ferramentas não criarem tecnologias da Internet das Coisas. Dessa maneira não serão capazes de desenvolver a nova geração de máquinas. É necessário também que haja fusões e aquisições, por exemplo, uma empresa que fabrica equipamentos pode não dominar tecnologias. Uma empresa de tecnologia pode não dominar a fabricação de equipamentos. A fusão do conhecimento de ambas facilitará e agilizará o fornecimento de equipamentos inteligentes. É necessário velocidade na transição para a Quarta Revolução Industrial.

É necessário o apoio de entidades, como sindicatos. Estes precisam promover a ideia de que a Indústria 4.0 vem para facilitar o trabalho das pessoas, e não perceber esse novo paradigma como “assassino” de empregos. A Quarta Revolução Industrial precisa ser incorporada à educação e capacitação, ela gerará novas demandas, e se os profissionais não se capacitarem, principalmente nas áreas de *software*, análise de dados e computação científica, a visão será realmente que a Indústria 4.0 veio para gerar desemprego (DUJIN; GEISLER; HORSTKÖTTER, 2014).

Para uma transição tranquila e de sucesso da Indústria 3.0 para a Indústria 4.0 é necessário que as tecnologias e experiências básicas existentes sejam adaptadas aos requisitos de engenharia de fabricação e implantadas, assim como também será necessário pesquisar e desenvolver soluções inovadoras para novos locais de fabricação e novos mercados. O processo de implantação da Indústria 4.0 é evolutivo e seu progresso será em taxas diferentes em empresas e setores individuais. O desenvolvimento de soluções tecnológicas e organizacionais devem ser adaptadas às necessidades de pequenas e médias empresas, além de ser necessário aproveitar o *know-how* especializado existente em cada uma delas (KAGERMANN et al, 2013).

2.3 PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA A INDÚSTRIA DO FRANGO

Verificando o que está sendo estudado e desenvolvido sobre a Indústria 4.0 voltado para a agroindústria do frango no mundo, realizou-se uma revisão de literatura específica para este tópico. Esta ação teve o intuito de subsidiar a elaboração do instrumento de coleta de informações e na consolidação da caracterização da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango.

A coleta do material bibliográfico ocorreu entre os meses de janeiro a junho de 2019, por meio de buscas on-line por publicações científicas relacionadas ao assunto e tema-foco do estudo, tendo como base de acesso a Scopus, Science Direct, Emerald e Web of Science. Os eixos de pesquisa e seus respectivos termos de busca definidos para a pesquisa foram agroindustry (food, food industry, poultry, slaughter, slaughterhouse, agroindustry e poultry slaughterhouse e Industry 4.0 (Redistributed Manufacturing, Industrie 4.0, 4th Industrial Revolution, Industry 4.0 e Fourth Industrial Revolution). Utilizou-se os operadores lógicos booleanos “and” e “or” para realizar as possíveis combinações entre os termos de busca. A pesquisa resultou em 547 artigos brutos. Utilizou-se o software Mendeley Desktop® para organização e gerenciamento dos artigos encontrados, que resultou na eliminação de 286 artigos duplicados.

Seguindo-se as fases definidas para aplicação da técnica “Análise do Conteúdo” (BARDIN, 2011), fez-se a leitura e pré-seleção das publicações obtidas a partir de títulos que referenciavam conceito e caracterização da Indústria 4.0, aplicação desse conceito no contexto industrial, com foco principal em processos em agroindústrias de frango. Em seguida, fez-se leitura prévia do resumo para identificar objetivos, abordagem teórico-metodológica e considerações e/ou resultados alcançados em pesquisas de campo de base exploratória. Na busca on-line e pré-análise foram excluídas publicações editadas fora do período-corte.

A partir da pré-análise do material bibliográfico selecionado e percebido como válido em função do escopo do estudo, fez-se releitura da sumarização das informações, com exploração detalhada de aspectos e elementos teórico-conceituais da Indústria 4.0. Foram excluídas algumas publicações selecionadas por não atender às perspectivas de análise proposta à realização do presente estudo. No material percebido válido, proveniente de todas as pesquisas realizadas, fez-se interpretação inferencial, análise reflexiva e crítica, fase indispensável à composição

da base conceitual esperada. Após conclusão dessas etapas, o número de artigos selecionados para compor o portfólio bibliográfico deste trabalho foi de apenas sete (7). Com isso, percebeu-se a pouca existência de estudos voltados para Indústria 4.0 na agroindústria do frango, sendo também um dos motivadores desta pesquisa neste tema. Como o retorno de artigos foi pequeno, relaxou os filtros e utilizaram-se outros termos de busca e outras bases. Tendo como base de acesso o Google Acadêmico (Scholar), Scientific Electronic Library Online (SciELO), sites de universidades e empresas que ofertam equipamentos para agroindústrias de frango, utilizando-se as seguintes palavras e/ou expressões-chave em português, inglês e espanhol: Indústria 4.0 (subtemas: origem, conceito, princípios, pilares, impactos); Quarta Evolução Industrial; tecnologias inteligentes, produto inteligente, indústria inteligente, automatização ou automação industrial; automação da produção de carne de frango; automação em agroindústrias de frango. Em seguida, realizaram-se novamente as fases definidas para aplicação da técnica de “Análise do Conteúdo” (BARDIN, 2011), que retornou mais sete artigos para compor o portfólio bibliográfico do trabalho, totalizando quatorze documentos que serviram como base para identificar quais ferramentas estão sendo citadas como facilitadoras para que as empresas avancem rumo à Indústria 4.0. O portfólio bibliográfico e as ferramentas citadas podem ser visualizadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Portfólio Bibliográfico

(continua)

ID	AUTOR/DATA	SINTESE
[1]	Asif et al (2015)	Os autores realizaram um experimento laboratorial para avaliar a funcionalidade de um robô para automatização de atendimentos. O sistema criado apresentou bom desempenho e mais experimentos estão sendo planejados para melhorar o desempenho e o <i>design</i> da interface homem-máquina
[2]	Azevedo (2018)	O autor realizou um estudo de caso no setor de embalagens de uma indústria alimentícia com o objetivo de desenvolver um Controlador Lógico Programável (CLP) aplicado à Indústria 4.0, ao agregar funcionalidades de programação remota do CLP a análises estatísticas de produção em um só produto.
[3]	Bader; Rahimifard (2018)	Os autores realizaram uma pesquisa bibliográfica para explorar a aplicação de robôs industriais na fabricação de alimentos, os benefícios de seu uso e os desafios que atualmente dificultam sua aceitação. Os desafios da utilização de robôs nas indústrias de alimentos incluem as características alimentares, os requisitos de higiene, as barreiras econômicas e sociais e a escassez de operadores qualificados. Porém, se esses desafios forem superados, a utilização de robôs nas indústrias de alimentos, os benefícios serão significativos.

(continuação)

ID	AUTOR/DATA	SINTESE
[4]	Borlido (2017)	O autor realizou uma pesquisa bibliográfica sobre a aplicação dos princípios da Indústria 4.0 a sistemas de manutenção. A revisão é sobre características da indústria 4.0 e o autor indicou várias ferramentas criadas e aplicadas como mais adequadas à prática manufatureira cotidiana.
[5]	Calegari et al. (2017)	O autor realizou uma pesquisa de campo com o objetivo de identificar quais atributos direcionam para maior agregação de valor ao cliente em relação a dispositivos que geram informações sobre produtos alimentícios. Com essa pesquisa, é possível identificar que os clientes percebem maior valor para dispositivos que (i) possuem micro medidor de informações nutricionais e de qualidade embutidos ao celular; (ii) que possuem alta precisão de medida; (iii) que fornecem informações nutricionais personalizadas, específicas para cada indivíduo; (iv) que possuem identificador de qualidade de consumo do produto alimentício; e (v) que possuem preço baixo
[6]	Demartini et. al. (2018)	Os autores realizaram um estudo de caso em uma indústria alimentícia italiana com o objetivo de ajudar as empresas de alimentos na direção da digitalização, com foco particular nos processos de projeto e fabricação. Os autores utilizaram para conduzir o estudo a Metodologia de Modelagem de Valor de Fabricação (MVMM), que permitiu identificar o fator de impacto externo e a estratégia interna que orientam o processo de digitalização de uma empresa alimentícia. Os autores discutiram ainda uma lista de tecnologias facilitadoras, que representam as soluções tecnológicas para algumas questões levantadas. Para validar a estrutura do conteúdo, os autores realizaram um estudo de caso. Mais testes são planejados para entender melhor a aplicabilidade da ferramenta em diferentes contextos.
[7]	Haddara; Eragal (2015)	Os autores realizaram um estudo de casos múltiplos, por meio de entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de descobrir se os sistemas atuais ERP estão prontos para a Fábrica do Futuro, se esses sistemas estão preparados para a Indústria 4.0. O resultado do trabalho mostrou que os sistemas ERP estão prontos para essa nova revolução industrial.
[8]	Hermann; Pentek; Otto (2015)	Os autores realizaram uma revisão de literatura com o objetivo de fornecer uma definição da Indústria 4.0 e identificar os princípios de <i>design</i> para a sua implantação. Os autores identificaram seis princípios: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação a serviços e modularidade. O artigo contribui para esclarecer o entendimento básico do termo Indústria 4.0 entre os profissionais e os seis princípios de design podem ser usados para implementar os cenários da Indústria 4.0 nas empresas.
[9]	Iqbal; Khan; Khalid (2017)	Pesquisa bibliográfica com o objetivo de apresentar uma abrangente revisão da literatura da aplicação de robótica na indústria de alimentos. Os autores realizaram uma comparação de robôs que estão sendo utilizados nas indústrias alimentícias, os aspectos de importância crítica, os desafios e oportunidades ao utilizar robôs na linha de produção de empresas produtoras de alimentos. O estudo mostra que o domínio da robótica aumentou a produtividade das empresas em comparação com os sistemas de produção manual.
[10]	Leitão; Colombo; Karnouskos (2016)	Neste trabalho é apresentado uma visão geral dos principais aspectos da CPS industrial, suas tecnologias, direções emergentes e desafios para a sua implementação. Os autores se concentraram em quatro projetos de prototipagem desenvolvidos no domínio da CPS industrial, que são exemplos de soluções industriais de CPS baseadas em princípios de MAS combinadas com várias tecnologias.
[11]	Matthieu et. al. (2014)	Neste trabalho, os autores apresentaram o que se tem de mecanização-robótica no setor de carnes. Também apresentaram perspectivas sobre outras tecnologias que podem ser aplicadas para robotização desse setor.

(conclusão)

ID	AUTOR/DATA	SINTESE
[12]	Mourtzis; Vlachou; Milas (2016)	Estudo de caso com o objetivo de apresentar como a adoção da IoT na fabricação irá gerar Big Data Industrial. Pela ferramenta de monitoramento organizada em rede de sensores WSN, criada pelos autores, foi possível obter <i>Big data</i> a nível industrial, comprovar eficiência da <i>IOT</i> , produzir dados e levar ao <i>Big Data</i> Industrial.
[13]	Da Silva (2018)	Neste artigo, o autor apresentou uma solução funcional para linha de produção de um frigorífico de aves. O autor apresentou a infraestrutura necessária para melhorar os alertas de produção e manutenção.
[14]	Wilson (2010)	Neste trabalho os autores descreverem as aplicações de robôs na indústria alimentícia com base em conhecimento adquiridos pelos autores. O objetivo deste trabalho é fornecer uma visão geral sobre a situação das aplicações de robôs na indústria de alimentos. Este trabalho fornece uma visão geral da situação atual da utilização de robôs em indústrias de alimentos, incluindo os benefícios em favor da automação e uma apresenta uma avaliação dos desafios a serem resolvidos.

Fonte: Autoria própria, 2019.

Nos trabalhos que compõem o portfólio bibliográfico foi possível identificar que a grande maioria dos estudos voltados para empresas alimentícias abordam a robotização. Quando analisado de forma geral, é possível verificar que encontrou-se material bibliográfico que trata sobre diversas áreas, como: aplicação dos princípios da Indústria 4.0; desenvolvimento de Controlador Lógico Programável (CLP) aplicado à Indústria 4.0; rastreabilidade; desafios e oportunidades para empresas que estão na direção da digitalização; avaliação se as empresas estão preparadas para a Indústria 4.0 e estudos que apresentam a aplicação de alguns pilares da Indústria 4.0. Identificou-se também que estudos de caso foram muito representativos, sendo que na literatura encontrou-se uma maior participação deste tipo de pesquisa do que de revisão bibliográfica.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Na composição da base teórica pretendida para a discussão sobre Indústria 4.0 em agroindústrias de frango, ao longo das buscas bibliográficas foram observadas lacunas sobre a utilização de conceitos da Indústria 4.0 em ambientes industriais voltados à produção de carne de frango. As consultas foram então direcionadas para publicações originadas em planos de governos e corporações interessadas nessas discussões. Ainda assim encontrou-se reduzido material bibliográfico. Tais lacunas estão mais presentes no contexto brasileiro, ainda que o

país seja grande produtor e exportador mundial desses produtos. No entanto, não se encontrou bibliografia específica que abordasse a perspectiva do conceito de Indústria 4.0 em ambientes industriais voltados à produção de carne de frango. Porém, com o referencial teórico encontrado, constatou-se a oportunidade de realizar presente o estudo, possibilitando avaliar as perspectivas e potencialidades da Indústria 4.0 na agroindústria do frango.

Esse capítulo contemplou a Indústria 4.0, que conceitualmente foi definida pelo setor manufatureiro mundial em referência a Quarta Revolução Industrial, diz respeito aos avanços tecnológicos e inovadores no campo da automação, controle e tecnologia da informação acentuados no século XXI e que objetivam o alcance de melhores resultados nos processos industriais. Para tal, a Indústria 4.0 se concentra na promoção da eficácia e automação da produção industrial voltada à fabricação inteligente de produtos.

No desenvolvimento do capítulo foram apresentados princípios e pilares que sustentam a Indústria 4.0 que, notadamente, originou-se incentivada pelo plano de desenvolvimento econômico do governo alemão, o qual buscou a promoção econômica do país associada à promoção da ciência, mais especificamente da ciência da informática. Além das características da Indústria 4.0, contemplaram-se suas possibilidades de êxito e seus impactos sobre o setor manufatureiro da segunda década do século XXI, com foco em seus impactos na indústria brasileira.

Foi abordada também a automação de agroindústrias de frango, onde se pôde observar que já se disponibiliza muita tecnologia para essa área e nota-se as possibilidades de implantação de ferramentas da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango. Para implantar esse conceito a automatização dos processos é fundamental.

Oportuno frisar que os textos analisados nesse capítulo permitiram abstrair conhecimentos e possibilitaram a obtenção de fundamentos para a criação do instrumento de caracterização da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo propôs-se descrever especificidades sobre os procedimentos adotados no desenvolvimento do estudo, a fim de contemplar os aspectos centrais e obter uma definição de pilares e ferramentas da Indústria 4.0 que se relacionam aos processos produtivos em agroindústrias de frango de corte.

3.1 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DA PESQUISA

Para elaboração da pesquisa, foram realizadas três etapas: Revisão de Literatura, Elaboração do Instrumento para Caracterização da Indústria 4.0 na Agroindústria de Frango e Construção da Caracterização. As atividades realizadas em cada etapa podem ser visualizadas na Figura 15.

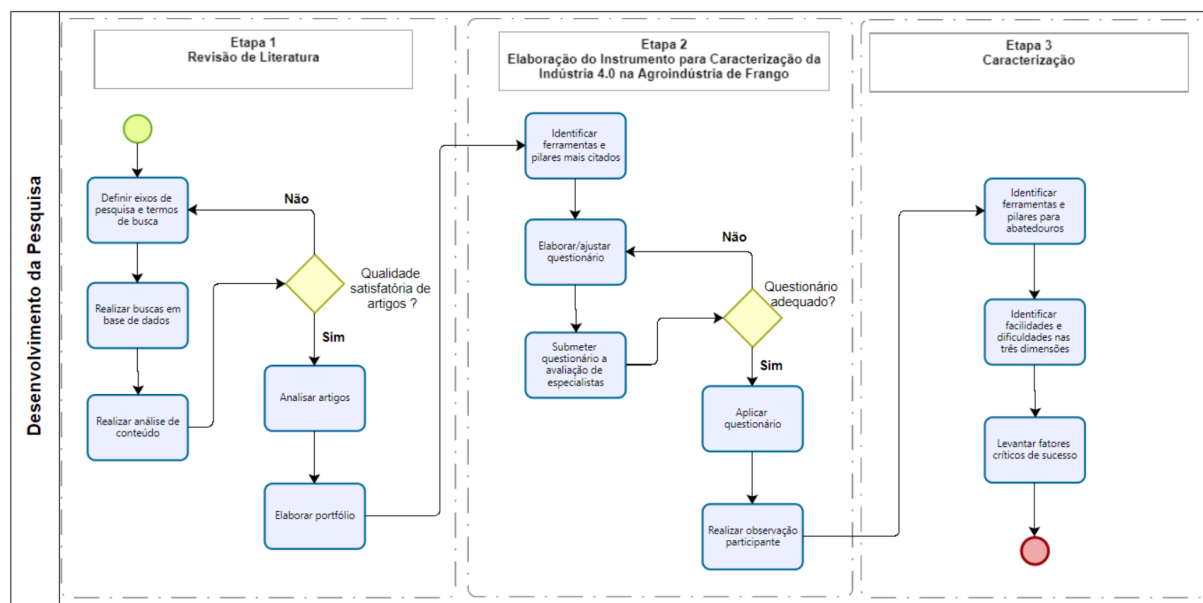


Figura 15 – Atividades Executadas no Desenvolvimento da Pesquisa
Fonte: Autoria própria (2019).

3.1.1 Revisão de Literatura (Etapa 1)

A Revisão de Literatura resultou em um portfólio bibliográfico composto por quatorze artigos, originados da técnica de “Análise do Conteúdo” (BARDIN, 2011), entre os meses de janeiro a junho de 2019 e foi necessário realizar duas rodadas de pesquisa, pois a primeira retornou baixo número de publicações, apenas sete, e teve

como base de acesso a Scopus, Science Direct, Emerald e Web of Science. Na segunda rodada de pesquisa, que resultou em mais sete trabalhos, relaxou os filtros e utilizou-se termos de busca e bases diferentes, tendo como base de acesso o Google Acadêmico (Scholar), Scientific Eletronic Library Online (SciELO), sites de universidades e empresas que ofertam equipamentos para agroindústrias de frango. O portfólio bibliográfico e as ferramentas citadas já foram relacionadas no Quadro 6, que está no Capítulo 4 deste trabalho, seção 4.1.

3.1.2 Elaboração do Instrumento para Caracterização da Indústria 4.0 na Agroindústria de Frango (Etapa 2)

Com o intuito de interagir no campo da pesquisa para obter informações sobre a prática cotidiana de profissionais que atuam nas unidades frigoríficas de frango, objeto de estudo, e coletar informações quanto à utilização de conceitos da Indústria 4.0 em processos de produção de carnes, foram feitas pesquisas de campo e exploratória, estudos de caso (MARCONI; LAKATOS, 2009; GIL, 2010). Como procedimentos metodológicos e instrumentos de coleta de dados, na pesquisa de campo foram empregados questionários e observação participante.

Para facilitar a análise quantitativa, além de dados sociodemográficos de ordem pessoal e profissional (nome, idade, sexo/gênero, formação acadêmica, área de trabalho e tempo de serviço na empresa), o questionário foi elaborado com base em Santos (2018), Oliveira Júnior (2018), que realizaram trabalhos de desenvolvimento de modelo para avaliar nível de maturidade na implantação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0; e nos Quadros 6 (seção 2.3) e 7 (Seção 4.1), que apresentam respectivamente os trabalhos e abordagens realizadas na área de digitalização; e também com base em questões formuladas pelo próprio autor.

O primeiro passo para criação do questionário foi o de realizar uma busca bibliográfica detalhada para avaliar se já existia algum instrumento que tivesse sido utilizado para alcançar o objetivo pretendido. Teve-se como objetivo apontar a existência de instrumentos satisfatórios e consolidados que passaram por processo formal de construção. Esta identificação possibilitou avaliar a necessidade de criação de um novo instrumento (REICHENHEIM; MORAES, 2002). Streiner,

Norman e Cairney (2015), recomendam priorizar a utilização e aprimoramento de instrumentos já existentes, o que foi realizado neste estudo.

Os questionários de Santos (2018), Oliveira Júnior (2018), foram utilizados pois o instrumento criado por eles foi baseado no processo de desenvolvimento de modelos de maturidade de De Bruin et al. (2005), que engloba seis etapas iterativas: definir escopo, projetar, compor, testar, implementar e manter, demonstrando que esses são modelos satisfatórios e consolidados. Santos (2018) se baseou no processo de desenvolvimento de modelos de maturidade de De Bruin et al. (2005), o qual é aplicável a variados domínios do conhecimento, e se baseou em Donavan et al. (2016), o qual desenvolveu um trabalho para auxiliar no desenvolvimento do modelo de maturidade de capacidades analíticas industriais. Oliveira Júnior (2018) seguiu o *framework* Pesquisa Abrangente para o Modelo de Maturidade de Wendler (2012), que se trata de um processo interativo de três etapas: Desenvolvimento de Modelo, Aplicação de Modelo e Validação de Modelo, e para operacionalizar estas etapas, utilizou a metodologia proposto por De Bruin et al. (2005). Como o objetivo deste trabalho não foi o de avaliar a maturidade de empresas, foram selecionadas as questões pertinentes destes instrumentos de coleta que condiziam com a finalidade deste estudo.

Ao identificar os pilares/conceitos da Indústria 4.0 mais citados na literatura em indústrias de alimentos, foi possível nortear a escolha das questões utilizadas em questionários já validados e selecionar aquelas que permitem averiguar como as agroindústrias ligadas ao abate de frango estão se preparando e lidando com as perspectivas da Indústria 4.0 em seus processos.

Antes de ser utilizado, o instrumento de coleta de informações foi analisado por três especialistas para que pudessem realizar críticas e propor melhorias. Garantindo dessa forma que se possa avaliar de forma adequada as perspectivas e potencialidades da indústria 4.0 na agroindústria do frango. Alguns ajustes apontados foram realizados antes das primeiras coletas. Todos os avaliadores são integrantes do Programa de Parcerias para incentivo à Inovação de Desenvolvimento de Processos Tecnológicos, PRODUTEC – UFPR, os quais estão desenvolvendo trabalhos voltados para avaliação da Indústria 4.0. Um dos especialistas inclusive é o coordenador deste programa, outro é da área de Ciência da Computação e Sistemas de Informação, atuando na área de banco de dados e

Indústria 4.0. O terceiro especialista é da área de zootecnia, com especialização em nutrição de aves e zootecnia de precisão aplicada a frangos de corte.

O contato com os profissionais da área de abate de frango foi fundamental para identificar as perspectivas e potencialidades da Indústria 4.0 nesse segmento, uma vez que não foram encontrados na literatura trabalhos que tratem especificamente da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango, logo, os profissionais que vivem a realidade desta atividade são de grande relevância.

A aplicação dos questionários e a realização da observação participante nas duas plantas ocorreram no período de dezembro de 2019 a maio de 2020. O questionário foi aplicado de forma individualizada e presencial, e o pesquisador explanou as dúvidas dos respondentes no momento da aplicação do instrumento. Os respondentes foram informados que o pesquisador manteria total sigilo sobre as respostas dadas e que a identidade dos mesmos não seria divulgada em hipótese alguma, garantindo dessa maneira a fidelidade das respostas. O instrumento teve como finalidade avaliar a percepção e conhecimento dos colaboradores envolvidos acerca das três dimensões estudadas (pessoal, tecnologia e gestão), e a observação participante teve como objetivo avaliar se as respostas dos profissionais estavam condizentes com a realidade percebida pelo autor. Essas dimensões foram consideradas pelo fato de alguns autores as considerarem em seus trabalhos que são voltados à construção de modelos de maturidade da Indústria 4.0 (KRAVČÍK; ULLRICH; IGEL, 2017; SCHUH et al., 2017; OLIVEIRA JÚNIOR, 2018), e pelo fato do pesquisador considerar que essas dimensões são relevantes para o estudo realizado. Por se tratar de uma pesquisa de opinião, na maioria das perguntas utilizou-se escala de atitudes do tipo Likert de 5 pontos, e análise qualitativa foi usada para avaliar os resultados.

A investigação contou com a participação de 27 profissionais, dentre os quais 24 atuantes na unidade frigorífica investigada com maior nível de automação no processo de produção de carne de frango e três atuantes na unidade com menor nível de automação. Há essa diferença de profissionais participantes da pesquisa pois na primeira planta, cada área do processo produtivo (abate, cortes, expedição) possui um supervisor de produção e pelo menos dois encarregados de produção, já na planta menos automatizada há um supervisor de produção responsável por toda a planta e dois encarregados de produção responsáveis por todo o processo. Além disso, na planta mais automatizada há mais áreas de apoio quando comparado com

a outra planta. Salienta-se que a diferença do número de participantes no levantamento, entre as organizações, se deve às diferenças de estruturas as quais refletem respectivamente na quantidade de colaboradores e capacidades produtivas.

O convite aos participantes foi direcionado a fim de contemplar, como critério de inclusão, profissionais experientes em áreas produtivas nas diferentes etapas do processamento de carne de frango, posicionados em escala descendente de cargo/função (supervisor e encarregado), devido ao fato de que esses profissionais tem maior conhecimento sobre os termos utilizados no questionário e possuem maior propriedade para responder sobre os temas em questão. Observado o critério de inclusão, na unidade frigorífica de maior nível de automação, foram convidados a responder o questionário três supervisores (abate, cortes/embalagem e expedição), cinco encarregados de turno e seis assistentes de produção. Os assistentes de produção foram convidados a participar da pesquisa, pois na área de expedição não há encarregados de produção, apenas assistentes de produção. Esses profissionais são atuantes em áreas diretas ao processo produtivo. Foram convidados ainda colaboradores das áreas indireta ao processo, um profissional do setor de Manutenção voltado para implantação de projetos de melhoria na empresa, quatro profissionais do setor de Manutenção voltado a obras de ampliação da unidade, um profissional da área de Manutenção Autônoma, um profissional da área de Gestão de Processos e um gerente.

Para a unidade frigorífica com menor nível de automação, na sua estrutura há apenas um supervisor para toda a área produtiva, logo, a nível de supervisão, apenas esse colaborador foi convidado a responder o questionário. Além desse profissional, foram convidados dois encarregados de turno das áreas diretas (abate, cortes/embalagem e expedição), porém apenas um aceitou participar, e um gerente. Um profissional convidado da área de manutenção também não aceitou participar da pesquisa.

Na perspectiva de articulação, em cada uma das plantas, foi realizada a observação participante, a qual desempenha papel fundamental na coleta de dados (GIL, 2010), uma vez que permite ao pesquisador entrar em contato com membros do grupo pesquisado e participar ativamente nas atividades cotidianas desenvolvidas. Este método de pesquisa foi realizado em todas as áreas produtivas do processo com o acompanhamento do responsável, sanando possíveis dúvidas. Em caso de aspectos que precisavam ser verificados por meio de documentos, os

mesmos foram solicitados e avaliados pelo autor. A observação participante também foi realizada no período de dezembro de 2019 a maio de 2020 e teve como foco verificar todos os pontos apontados no questionário.

3.1.3 Caracterização (Etapa 3)

O protocolo para análise dos resultados, computados a partir das respostas do questionário e observação participante, contempla aspectos relativos à utilização de conceitos da indústria 4.0 nos processos produtivos. Tomou-se por base elementos já existentes, ou de possível inserção, na prática operacional com vista à adequação de cada unidade investigada. Os critérios utilizados nesse protocolo buscaram avaliar quanto os pilares, conceitos e ferramentas apresentados no levantamento bibliográfico sobre Indústria 4.0 (em geral) se alinham e podem ser adotados especificamente em agroindústria de frango.

A partir das informações coletadas foi possível identificar as ferramentas e os pilares da Indústria 4.0 existentes nas agroindústrias de frango e de possíveis implementações. Foi possível também verificar facilidades e dificuldades e avaliar potenciais benefícios.

3.2 ESTUDOS DE CASO

Considerando a teoria e o instrumento de coleta de dados e informações desenvolvido no item 3.1, buscando a avaliação de como as empresas estão se preparando ou mesmo já implementando ações relacionadas à Indústria 4.0, optou-se por realizar um levantamento em duas indústrias ligadas ao abate de frangos. Estas empresas representam este tipo de segmento, sendo o processo análogo a todos eles. As máquinas e equipamentos empregados na industrialização estão disponíveis no mercado e acessíveis a todos.

Buscando uma melhor caracterização das corporações existentes, optou-se por estar realizando um estudo de caso em duas organizações de portes e níveis de tecnologia empregada em suas máquinas e processos divergentes. Uma com maior capacidade produtiva e utilizando mais tecnologia e a segunda com uma capacidade de produção e nível tecnológico em suas máquinas e processo menor. No primeiro

trimestre de 2018, no Brasil, foram registrados 280 frigoríficos responsáveis pelo volume de abate de frangos do período, sendo que o Paraná foi responsável por 32% desse montante (FGV, 2019).

As duas organizações estudadas produzem em dois turnos e em um turno realizam a higienização da indústria. A planta com maior nível de automatização abate 350 mil aves por dia, conta com aproximadamente 6,3 mil colaboradores, não opera em pausas exigidas por legislação e intervalos de refeição e abate 7 dias por semana. A planta com menor nível de automação abate 175 mil aves por dia, possui aproximadamente 3,3 mil funcionários, com esse quadro consegue operar durante as pausas exigidas por legislação e em intervalos de refeição e produz 6 dias por semana. Conforme a Norma Regulamentadora nº 36 – Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados (NR-36), todo funcionário com jornada de trabalho de 8 horas precisa realizar 60 minutos de pausa, tempo dividido entre sua jornada de trabalho, que deve ser de no mínimo 10 minutos e máximo 20 minutos, além de 60 minutos de pausa para refeição a cada 6 horas trabalhadas. As duas indústrias atendem o que está descrito na legislação e respeita a jornada de trabalho de 44 horas semanais, para produzir durante as pausas exigidas, a indústria possui número maior de funcionários para realizar os rodízios necessários.

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento das três etapas detalhadas na Seção 3 deste trabalho. Inicialmente serão apresentados os resultados da Etapa 1, “Revisão de Literatura”, em seguida os instrumentos de coleta e seus resultados, descritos na Etapa 2 - “Desenvolvimento do Questionário”. Por fim, são apresentados os resultados da Etapa 3, a caracterização e identificação dos pilares e ferramentas da Indústria 4.0 no setor de produção de produtos cárneos de frango.

4.1 REVISÃO DE LITERATURA (ETAPA 1)

Como resultado da Etapa 1 do trabalho, o portfólio bibliográfico utilizado como base para identificar quais pilares e ferramentas da Indústria 4.0 foram abordados pelos autores, e apresentado no Quadro 6, Capítulo 2, seção 2.3.

Com base no portfólio bibliográfico apresentado, foi possível identificar os pilares e ferramentas utilizados como caracterização da Indústria 4.0 em diversos setores, que orientou a formulação das perguntas do questionário e na observação participante na dimensão tecnológica. No Quadro 6 é possível identificar as citações de cada ferramenta e pilar e foram obtidas com base no portfólio do Quadro 5 (Cap. 2).

Quadro 6 – Citações de autores por pilares e ferramentas/conceitos

(continua)		
PILAR	FERRAMENTA/ CONCEITO	CITAÇÕES (ID Quadro 6)
ROBÔS AUTONOMOS	Utilização de robôs para serviço ou produção	[1]; [3]; [9]; [11]; [14]
	Capacidade em tempo real	[8]
	Descentralização	[8]
	Máquinas autônomas	[9]
	Drones	[9]
BIG DATA	Registro de ocorrências em servidor <i>Web</i>	[2]
	Sistemas técnicos e especialistas para análise, captura, curadoria de dados, pesquisa, compartilhamento, armazenamento, transferência, visualização e privacidade de informações	[6]

(conclusão)

PILAR	FERRAMENTA/ CONCEITO	CITAÇÕES
<i>BIG DATA</i>	Dados gerados pelas ferramentas da IOT	[12]
	TI	[12]
	<i>Software</i> de comunicação	[12]
REALIDADE AUMENTADA	<i>Remote Maintenance</i>	[4]
	Holograma	[6]
IOT	CLP sem fio	[2]; [4]
	Sensores	[2]; [7]; [8]; [9]; [10]; [12]; [13]
	Etiqueta RFID	[4]; [8]
	Serviços de Web	[10]
	Wi-fi	[13]
	Atuadores	[8]; [10]; [12]
	Comunicação Máquina-a-Máquina (M2M)	[7]; [8]; [12]
	Fábricas inteligentes - fábrica onde o CPS se comunica pela IoT e ajuda pessoas e máquinas na execução de suas tarefas	[8]
	Casas Inteligentes	[8]
	Redes Inteligentes	[8]
	Software em rede	[8]
	Telefones Celulares	[8]
	Dispositivos que geram todas as informações do produto para cliente (rastreamento acessível ao cliente)	[5]
	Internet Industrial das Coisas	[6]
	Conecte e produza	[6]
	Produtos Inteligentes	[6]
<i>CLOUD COMPUTING</i>	Cloud Manufacturing	[6]
	Infraestrutura em nuvem	[10]
	Banco de dados remoto	[13]
MANUFATURA ADITIVA	Tecnologias de Fabricação Aditiva	[6]
SISTEMAS INTEGRADOS	IOS - uso de estações de montagem modulares que podem ser modificadas ou expandidas de maneira flexível	[8]
SIMULAÇÃO	Virtualização	[8]

Fonte: Autoria própria, 2019.

Com base no Quadro 6, é possível identificar que Robôs Autônomos e Internet das Coisas (principalmente utilização de sensores, atuadores e comunicação Máquina-a-Máquina) são os pilares/ferramentas mais citados quando pesquisado sobre Indústria 4.0 na agroindústria do frango. Como abatedouros ainda necessitam de grande quantidade de mão de obra, faz sentido a robotização ser muito citada entre os pesquisadores, pois esse avanço é a base para a implantação bem sucedida da Indústria 4.0. A presença de sensores e atuadores em máquinas e equipamentos pode possibilitar maior autonomia das operações e possibilita a geração de dados em tempo real, que é fundamental para a Indústria 4.0. A instalação de sensores e atuadores em sistemas existentes pode permitir uma redução considerável de custo, se comparado com a substituição de equipamentos, o que pode justificar a quantidade de pesquisas voltadas para esse tema. A comunicação entre máquinas e equipamentos garante a produção contínua, maior autonomia dos processos, maior balanceamento e padronização com menores desperdícios. Com a implantação dos conceitos da Indústria 4.0 maior eficiência é buscada. A necessária otimização da produção é que possibilita os ganhos para empresas 4.0.

4.2 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA AGROINDÚSTRIA DE FRANGO (ETAPA 2)

A partir das informações apresentadas no Quadro 6, no item 4.1, foi possível identificar que os pilares mais comentados na literatura são Robôs Autônomos e IOT (Internet das Coisas). Em relação a ferramentas que os autores consideram essenciais a adoção para integrar a essa nova realidade da Indústria 4.0 despontam a utilização de robôs nas indústrias ou empresas prestadoras de serviço e o uso de sensores. A partir dos resultados apresentados nestes quadros e questionários encontrados na literatura, foi possível nortear a criação do questionário aplicado neste estudo.

O instrumento utilizado para a caracterização da Indústria 4.0 em Agroindústrias do Frango foi construído com base em Santos (2018) que desenvolveu um modelo para avaliar o nível de maturidade na implementação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 em empresas de manufatura; e em Oliveira

Júnior (2018) que propôs um modelo de maturidade para as indústrias de pequeno e médio porte de países em desenvolvimento no contexto da Indústria 4.0. Com base em informações destes autores e dos Quadros 5 e 6, o instrumento pode ser visualizado no Apêndice A, e contemplou seis partes que englobaram: (i) dados sociodemográficos; (ii) questões que envolvem os conhecimentos acerca de automação; (iii) Indústria 4.0; (iv) aspecto sobre estratégia, estrutura e cultura organizacional; (v) pessoas e (vi) tecnologia.

A primeira parte do questionário foi composta de dados sociodemográficos de ordem pessoal e profissional (nome, sexo/gênero, faixa etária, estado civil, formação acadêmica, tempo de atuação profissional na empresa, setor de atuação, tempo de atuação no setor atual, função que exerce no setor atual, e em quais etapas do processo produtivo já trabalhou). Essa parte do questionário é composta por quatro questões objetivas e seis descritivas. As questões foram formuladas pelo pesquisador. Para o estudo realizado, esses dados não foram utilizados para análise dos resultados, porém foram considerados na formulação do instrumento pois permite conhecer melhor o perfil do respondente.

A segunda parte do questionário foi composto por nove questões objetivas sobre automação criadas pelo pesquisador. Sendo um princípio básico para que se consiga avançar rumo a Indústria 4.0, foi incluído para entender o quanto a empresa está preparada para a Quarta Revolução Industrial. As questões foram formuladas pelo pesquisador com base em seu conhecimento, na literatura e nos Quadros 5 e 6. Como a questão de sensores foi muito citada pelos autores que compõem o portfólio bibliográfico, considerou necessário apresentar questões que envolvam o tema. Outra questão que o autor julgou necessária é em relação a treinamentos, uma vez que o desenvolvimento pessoal e profissional é fundamental para o sucesso da implantação da Indústria 4.0 (ROSEMANN; BRUIN, 2005; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DA XU; HE; LI, 2014; LICHTBLAU et al, 2015; WANG et al, 2016; CNI, 2016; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; SCHUH et al, 2017; DUJIN; GEISLER; HORSTKÖTTER, 2014; LUO, 2014). Então, para que o profissional consiga se aprofundar sobre Indústria 4.0, considerou-se pertinente incluir oferta de cursos de capacitação sobre automação e afins. Saber se a empresa utiliza algum tipo de automação industrial, e se é automação de processo ou de máquinas também é uma base relevante na avaliação se a empresa está pronta para a Indústria 4.0, logo, questões desse âmbito foram consideradas.

Entender a importância da automação e como julgam o nível de conhecimento sobre o tema por parte dos respondentes foram outras questões consideradas, uma vez que as pessoas não costumam considerar a automação como essencial e desconhecendo o assunto a implantação da Indústria 4.0 é dificultada. Essa parte do questionário possui perguntas para responder com sim ou não, e outras questões para preencher de 1 a 5, onde 1 indica irrelevante e 5 significa extremamente relevante.

A terceira parte do questionário foi composta por seis questões objetivas seguindo o mesmo raciocínio da segunda, com questionamentos se o respondente já ouviu falar de Indústria 4.0 e onde ouviu falar pela primeira vez. Caso o respondente nunca tivesse ouvido falar sobre o tema poderia ser necessário realizar uma breve introdução sobre o assunto para permitir que respondesse as demais questões. O fato de onde ouviu falar pela primeira vez pôde indicar se na empresa estava sendo fomentado ou não o tema. Nessa parte incluiu-se questionamentos sobre como o respondente avalia seu conhecimento sobre Indústria 4.0, sobre oferta de cursos de capacitação, sobre a condução do assunto por parte da empresa e se no setor/empresa, na percepção do profissional, utiliza algum tipo de ferramenta/conceito da Indústria 4.0, aspecto que poderia ser confirmado posteriormente através da observação participante. Por fim, nessa etapa do questionário o autor elaborou perguntas onde o profissional indica seu nível de interesse em conhecer ou ampliar o conhecimento sobre cada pilar da Indústria 4.0, uma vez que o interesse por parte dos integrantes de uma organização sobre algum tema é fundamental para o sucesso da implantação. Possibilitou averiguar se o nível de interesse é maior para algum dos pilares mais citados no portfólio bibliográfico, apresentado no Quadro 6. Essa parte do questionário possui perguntas para responder com sim ou não, e outras questões para indicar de 1 a 5, onde 1 significa irrelevante e 5 extremamente relevante. As questões foram formuladas pelo pesquisador com base em seu conhecimento, na literatura e nos Quadros 5 e 6.

A quarta parte do questionário, avaliação sobre estratégia, estrutura e cultura organizacional, possui treze questões objetivas e foi elaborado com base em Oliveira Júnior (2018), oito questões, e em Santos (2018), cinco questões. Estas foram selecionadas por melhor representar a realidade de abatedouros de aves. Essa parte do questionário possui perguntas para responder de 1 a 5, onde 1 indica irrelevante e 5 significa extremamente relevante.

A quinta parte do questionário, avaliação sobre pessoas, é composta por cinco perguntas objetivas, sendo que quatro são com base em Oliveira Júnior (2018) e uma com base em Santos (2018). As questões foram escolhidas por identificar as facilidades e dificuldades em relação a dimensão pessoal, integrando à perspectiva da Indústria 4.0 em agroindústrias de frango de médio e grande porte. Essa parte do questionário possui perguntas para responder de 1 a 5, onde 1 indica irrelevante e 5 significa extremamente relevante.

A sexta e última parte do questionário, avaliação sobre tecnologia, contém quinze questões objetivas, sendo que oito foram baseadas em Oliveira Júnior (2018) e sete em Santos (2018). Questões com base nas tecnologias mais citadas pelos autores que compõem o portfólio bibliográfico, encontrado nos Quadros 5 e 6. Essa parte do questionário possui questões para preencher de 1 a 5, onde 1 indica inexistente e 5 significa completo.

O questionário foi composto apenas por questões objetivas e não abriu espaço para o respondente realizar considerações pois o conteúdo do instrumento estava adequado para se atingir o objetivo proposto no trabalho.

O conteúdo do questionário aplicado foi o mesmo para todos os respondentes, a única variação foi que para setores diretos ao processo produtivo (abate, cortes/embalagem e expedição), onde os respondentes foram orientados a responder com base no setor, e não com base na empresa como um todo, e outra para os profissionais dos setores indiretos ao processo (gerência, manutenção autônoma, gestão de processos, engenharia e manutenção), para os quais a orientação foi de responder o questionário pensando na empresa como um todo, não com base em seus setores de atuação.

Ao submeter o instrumento aos especialistas, todos afirmaram que o mesmo estava adequado para atingir o objetivo da pesquisa e bem estruturado. Pequenas correções sugeridas foram incorporadas na versão final do instrumento. Um dos especialistas sugeriu transformar o questionário em um documento *online* possibilitando maior número de respondentes, porém, visando uma melhor qualidade da informação, a aplicação presencial junto ao respondente estava prevista, esta transformação não foi implementada. Um dos especialistas sugeriu algumas alterações relacionadas a substituição de vocabulário, as quais foram realizadas. A versão revisada e aplicada é apresentada no Apêndice A.

4.3 CARACTERIZAÇÃO (ETAPA 3)

A Etapa 3 foi executada após a conclusão de todas as atividades descritas na Etapa 2, seguindo os passos metodológicos conforme Figura 15 apresentada na Seção 3. O resultado da aplicação dos questionários e as percepções em relação a observação participante é apresentado a seguir.

4.3.1 Planta Frigorífica Mais Automatizada

Na planta frigorífica mais automatizada, foi aplicado o questionário a 24 colaboradores. Ligados diretamente à produção foram: um da gerência; um supervisor e 4 encarregados de produção da até de abate, que engloba os setores recepção de aves, descarga de aves, pendura, atordoamento, sangria, escaldagem, depenagem, corte de patas e evisceração; um supervisor e um encarregado de produção da área de cortes e embalagem secundária, que atende os setores pré-resfriamento, gotejamento, cortes/seleção de carcaças inteiras, embalagem e apontamento. E por fim, para englobar todas as etapas do processo produtivo, aplicou-se o questionário ao supervisor e seis assistentes de produção da área de congelamento e expedição (cargo abaixo do encarregado de produção pois nessa área não há encarregados de produção), que atuam nos setores congelamento/resfriamento, armazenamento e expedição.

Além dos já citados dos setores produtivos, foi aplicado o questionário para profissionais de setores indiretos. No setor Manutenção Autônoma possui um profissional responsável, que é coordenador de todas as atividades pertinentes à automação autônoma, esse profissional participou da pesquisa. No setor Gestão de Processos há 3 profissionais que estão na empresa por período superior a 3 meses, e destes, 1 profissional participou do estudo. No setor Manutenção voltado para implantação de projetos de melhoria na empresa há um colaborador responsável pela área, e qual participou da pesquisa. No setor Engenharia de Automação Industrial há dois colaboradores, e ambos participaram da pesquisa e no setor Engenharia e Projetos da Manutenção, setor esse que está voltado a obras de ampliação da unidade, há quatro funcionários, e todos participaram do estudo.

Optou-se por profissionais com mais tempo de atuação na empresa devido ao fato destes terem maior propriedade e conhecimento para falar a respeito dos processos da instituição, garantindo dessa maneira maior confiança nas respostas do questionário e garantindo uma melhor análise dos resultados.

4.3.1.1 Automação da Empresa/Setor de Atuação

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Figura 16 e na Tabela 1. A pergunta referente ao “Grupo.Questão” identificado na Figura 16 e na Tabela 1 pode ser encontrado no Apêndice A.

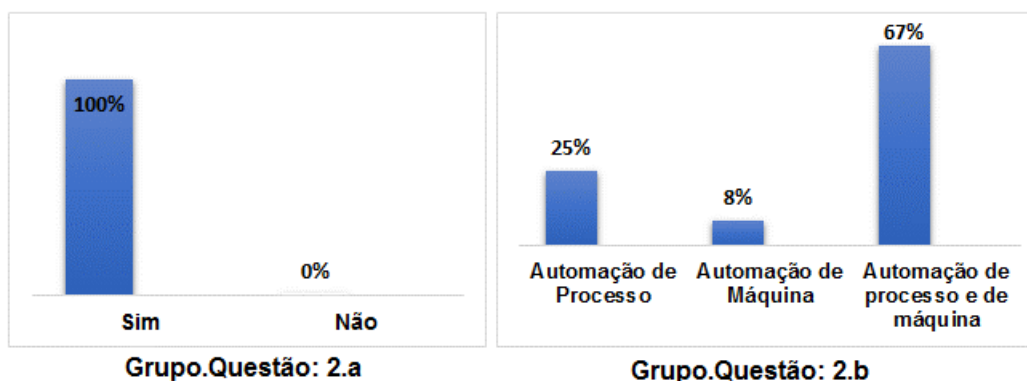


Figura 16 – Resultado da unidade mais automatizada sobre automação
Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 1 – Resultado da unidade mais automatizada sobre automação

Grupo.Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
2.c	4,17	8,33	37,5	33,33	16,67	0
2.d	16,67	16,67	37,5	8,33	12,5	8,33
2.e	0	0	0	12,5	87,5	0
2.f	0	0	0	29,17	70,83	0
2.g	0	0	8,33	33,33	58,33	0
2.h	25	25	25	8,33	4,17	12,5
2.i	0	0	33,33	45,83	16,67	4,17

Fonte: Autoria própria, 2020.

Para todos os colaboradores, utiliza-se algum tipo de automação industrial, sendo que para a maioria utiliza-se tanto automação de processo quanto de máquinas. A maioria dos profissionais possuem conhecimento médio e bom sobre automação industrial. A maioria dos colaboradores consideraram relevante a necessidade de aplicação de novas tecnologias no setor/empresa.

Todos os respondentes consideram muito ou extremamente importante a automação na indústria da carne e a automação aplicada no setor/empresa de sua atuação. Verificou que a maioria dos colaboradores consideraram que a automação usada na empresa é digital com sensores para controle do processo produtivo, já em relação a automação usada na empresa ser digital sem sensores, a maioria dos colaboradores afirmaram não ser utilizada ou ser pouco utilizada.

4.3.1.2 Sobre Indústria 4.0

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema Indústria 4.0 na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Figura 17 e na Tabela 2.

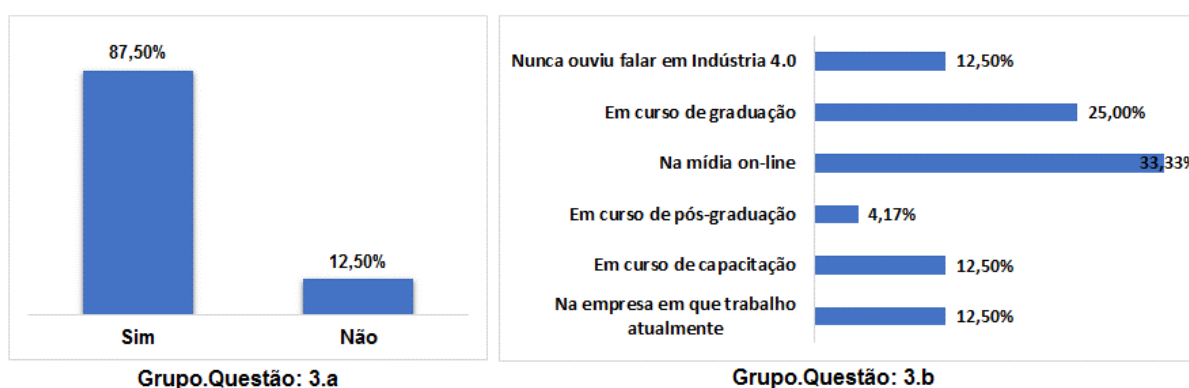


Figura 17 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Indústria 4.0
Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 2 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Indústria 4.0

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
3.c	4,17	12,5	45,83	25	0	12,5
3.d	25	41,67	20,83	8,33	4,17	0
3.e	4,17	4,17	20,83	37,5	33,33	0
3.f	25	4,17	33,33	25	12,5	0
3.g	0	16,67	41,67	29,17	12,5	0
3.h	0	0	16,67	45,83	37,5	0
3.i	0	4,17	16,67	37,5	41,66	0
3.j	0	8,33	16,67	41,67	33,33	0
3.k	0	8,33	29,17	33,33	29,17	0
3.l	4,17	12,5	37,5	25	16,67	4,17
3.m	0	33,33	20,83	29,17	16,67	0
3.n	0	0	16,67	37,5	45,83	0
3.o	0	4,17	16,67	37,5	41,67	0
3.p	0	0	25	37,5	37,5	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

A maioria dos profissionais ouviram falar sobre Indústria 4.0 pela primeira vez fora da empresa que trabalha, assim como a maioria dos profissionais afirmaram que cursos de capacitação sobre Indústria 4.0 ofertados pela empresa são raros de acontecer. Apenas 12,5% dos profissionais nunca ouviram falar em Indústria 4.0, e a maioria dos profissionais que já ouviram falar em Indústria 4.0 consideraram que possuem básico ou bom conhecimento sobre o tema.

A maioria dos colaboradores consideraram muito importante para sua atuação profissional conhecer o significado das ferramentas tecnológicas aplicadas na Indústria 4.0. Em contrapartida, quando questionados se o setor/empresa utiliza ferramentas/conceito da Indústria 4.0, as respostas apresentaram grande divergência, desde colaboradores que afirmam que não é utilizado até funcionários que consideraram que é muito ou extremamente utilizado.

A maioria dos colaboradores afirmaram que o nível de interesse em conhecer o significado das ferramentas/conceito da Indústria 4.0 é relevante, e mostraram maior interesse em temas familiares ao dia a dia. Sistemas ciber-físicos não foi um tema que apresentou grande interesse para os profissionais.

4.3.1.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema estratégia, estrutura e cultura organizacional na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
4.a	0	25	33,33	37,5	4,17	0
4.b	0	25	37,5	29,17	4,17	4,17
4.c	4,17	25	20,83	37,5	4,17	8,33
4.d	0	0	41,67	50	8,33	0
4.e	0	0	16,67	45,83	37,5	0
4.f	0	4,17	37,5	20,83	37,5	0
4.g	0	0	45,83	41,67	12,5	0
4.h	0	0	29,17	66,67	4,17	0
4.i	8,33	37,5	25	20,83	8,33	0
4.j	4,17	33,33	29,17	20,83	12,5	0
4.k	12,5	25	33,33	29,17	0	0
4.l	4,17	33,33	25	37,5	0	0
4.m	8,33	33,33	25	25	4,17	4,17

Fonte: Autoria própria, 2020.

Quando investigado sobre as práticas de desenvolvimento contínuo disponibilizados pela empresa para os colaboradores, a maioria dos profissionais afirmam que é muito oferecido, e a maioria considerou pouco ou mais ou menos relevante o alinhamento da estratégia e cultura organizacional da empresa para a Indústria 4.0.

A maioria dos profissionais afirmaram que os investimentos em inovação tecnológica nos últimos dois anos na empresa são relevantes, porém, quando questionados se é planejado e realizado investimentos para implementar as tecnologias da Indústria 4.0, as respostas apresentaram grande variação, com respostas desde nunca planejado até sempre planejado.

As demais respostas para as perguntas que avaliaram o alinhamento da estratégia e cultura organizacional e as práticas para a Indústria 4.0 apresentaram percentuais parecidos para opiniões diferentes, com variação de respostas entre pouco, mais ou menos e muito relevante.

A maioria dos profissionais avaliaram como relevante a capacidade da empresa de adaptar-se às mudanças e a maioria dos funcionários afirmaram que os clientes podem customizar muito os produtos que adquirem na empresa.

4.3.1.4 Avaliação sobre Pessoas

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema estratégia, estrutura e cultura organizacional na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Pessoas

Grupo.Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
5.a	0	0	4,17	70,83	25	0
5.b	4,17	20,83	25	41,67	8,33	0
5.c	0	0	4,17	45,83	50	0
5.d	4,17	8,33	29,17	45,83	12,5	0
5.e	0	4,17	33,33	58,33	4,17	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

A maioria dos profissionais avaliaram como muito capazes de adaptar-se às mudanças da empresa e a maioria dos profissionais consideram muito ou extremamente importante as novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, análise de dados e computação em nuvem.

Em relação a avaliação do quão preparadas estão as pessoas para a Indústria 4.0, a maioria dos profissionais avaliaram como relevante suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0 e a maioria avaliou da mesma forma a preparação das pessoas da empresa para a Indústria 4.0.

A maioria dos profissionais consideraram mais ou menos ou muito relevante a realização de capacitações necessárias para a aquisição de habilidades técnicas e gerenciais relacionadas aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0.

4.3.1.5 Avaliação sobre Tecnologia

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema tecnologia na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da unidade mais automatizada sobre Tecnologia

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
6.a	0	25	33,33	33,33	8,33	0
6.b	0	33,33	29,17	33,33	0	4,17
6.c	16,67	12,5	29,17	29,17	8,33	4,17
6.d	4,17	8,33	54,17	16,67	12,5	4,17
6.e	4,17	8,33	45,83	25	8,33	8,33
6.f	0	8,33	37,5	41,67	12,5	0
6.g	0	4,17	20,83	45,83	20,83	8,33
6.h	8,33	8,33	33,33	37,5	12,5	0
6.i	29,17	20,83	33,33	16,67	0	0
6.j	4,17	12,5	37,5	37,5	8,33	0
6.k	4,17	8,33	29,17	41,67	16,67	0
6.l	45,83	25	20,83	8,33	0	0
6.m	37,5	33,33	20,83	8,33	0	0
6.n	12,5	16,67	25	33,33	12,5	0
6.o	20,83	12,5	16,67	33,33	12,5	4,17

Fonte: Autoria própria, 2020.

A maioria dos profissionais consideraram que existe mais ou menos (33,3%) ou existe muito (33,3%) alinhamento das tecnologias da empresa para Indústria 4.0. A maioria dos profissionais afirmaram ser pouco ou mais ou menos existente a digitalização do processo produtivo da empresa.

Quanto aos questionamentos sobre segurança cibernética, foram feitas duas perguntas a respeito do tema. Quando questionados se a empresa/setor utiliza ferramentas que garantem a segurança da informação, a maioria dos profissionais consideraram mais ou menos relevante (37,5%) e muito relevante (41,67%), e quando questionados se a empresa/setor utiliza tecnologias e sistemáticas contra roubo e utilização indevida de dados, 12,5% afirmaram que não utiliza, outros 12,5% afirmaram que sempre utiliza, 16,67% afirmaram que utiliza pouco, 25% que utiliza mais ou menos e 33,33% afirmaram que utiliza muito.

A maioria dos funcionários classificaram que é muito ou sempre utilizado ferramentas para tomada de decisão a partir de dados. A maioria dos profissionais afirmaram que nenhum ou poucos equipamentos são dotados de tecnologias de inteligência artificial, que possibilitam a tomada de decisão autônoma, assim como afirmaram que os processos produtivos não são capazes, ou são pouco capazes, de operar de forma autônoma, auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas.

Quando questionados se a infraestrutura de equipamentos e instalações da empresa utiliza sistemas que possibilitam o processamento de dados, a comunicação entre si e com outros equipamentos, a maioria dos profissionais acreditam ser mais ou menos ou muito utilizado. A maioria dos profissionais afirmaram que são muito ou sempre utilizados dados a partir de sensores e atuadores, de forma automatizada e em tempo real.

A maioria dos respondentes afirmaram que tanto a integração horizontal quanto vertical existem e aproximadamente metade dos líderes de produção participantes da pesquisa utilizam ferramentas de computação em nuvem. A maioria dos respondentes afirmaram que utilizam ferramentas que garantem visão em tempo real da produção e que possibilitam a reação dinâmica às mudanças na demanda.

Quando questionados se na empresa utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuem cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico, metade dos profissionais afirmaram que na empresa utiliza essa ferramenta.

Houve grande divergência nas respostas dadas pelos respondentes sobre a utilização de ferramentas para processamento de grandes volumes de dados, onde houve número muito parecido de pessoas que afirmaram que não são utilizadas e que são utilizadas ferramentas para processar grandes volumes de dados.

4.3.1.6 Percepções da Observação Participante na Planta Frigorífica mais Automatizada

Por meio da observação participante, foi possível avaliar os mesmos pontos apresentados no questionário aplicado, verificando dessa forma se as respostas dadas nos questionários estavam condizentes com a realidade. Neste capítulo serão apresentados todos os pontos identificados nesta etapa da pesquisa.

4.3.1.6.1 Avaliação sobre Automação

Através da observação participante foi possível visualizar que na empresa mais automatizada utiliza muito a automação industrial, do tipo automação de processo e durante toda a observação identificou-se poucos equipamentos que possuem automação de máquinas. O processo produtivo até a sala de cortes, que

contempla as etapas apresentadas na Figura 16, é praticamente todo automatizado. Apenas a atividade de descarregar aves (2) e pendura (3) sendo manual. Todos os pontos de inspeção na área de abate também são realizados por pessoas e parte do processo de separação de miúdos comestíveis dos não comestíveis (9) também é manual. Nenhum dos equipamentos da área de abate possuem auto ajuste, todos necessitam da interferência de operador, logo, quando entram na linha carcaças maiores ou menores, é necessário ajustar todos os equipamentos da linha.

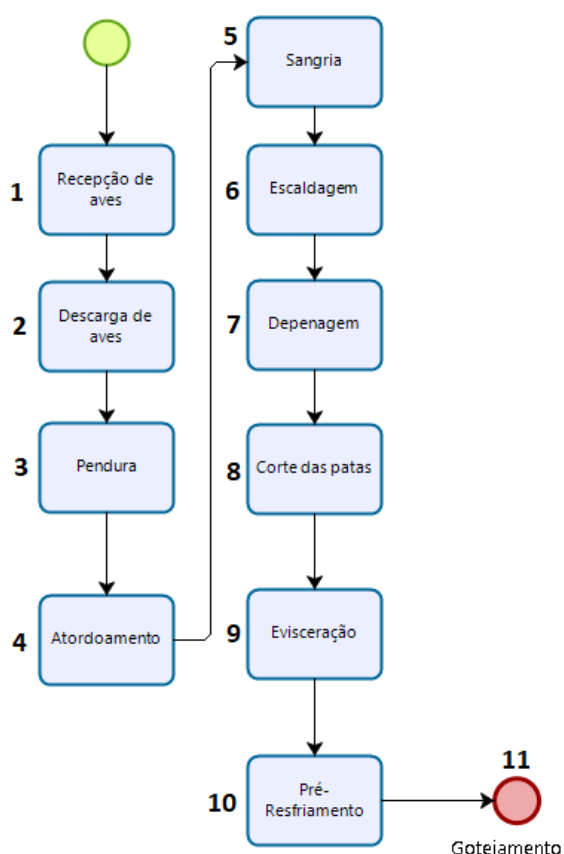


Figura 18 – Etapas do processo produtivo contempladas na área de abate
 Fonte: Adaptado de Vieira; Guimarães Filho (2015) e Melz (2010).

Na área de cortes é necessário repondurar os frangos (etapa após pré-resfriamento, conforme apresentado na Figura 16 e antes do processo de Gotejamento, conforme apresentado na Figura 17). É necessário repondurar os frangos na linha pois o processo de resfriamento da carcaça é através de Chiller a água, os frangos caem no chiller. Esta atividade é manual, e a atividade de corte das partes (12.b) é totalmente automatizada, inclusive a desossa do peito e perna, sendo necessário apenas refilar as partes de forma manual. A seleção de carcaças inteiras (12.a) é realizada por pessoas, logo, essa é uma atividade manual. A grande maioria

das operações de pesagem e embalagem (13) é manual. No setor de embalagem secundária, o processo de colocar o produto dentro das caixas é manual e o processo de etiquetagem da caixa é automatizado, processos que estão entre a etapa de embalagem (13) e apontamento (14), conforme Figura 17. O processo de etiquetagem de caixa apresenta automação de processo e de máquina, pois o equipamento faz a leitura da etiqueta do produto, identifica o produto e gera a etiqueta correta, e em seguida imprime-a na caixa do produto. Após esse processo, é realizado o apontamento do produto (14) e através de esteiras e de programação é destinado a um dos tuneis de congelamento, onde produtos resfriados permanecem no túnel por aproximadamente 2 horas, e produtos congelados permanecem por aproximadamente 24 horas. Essas esteiras param de acordo com o funcionamento do túnel, que é em formato de níveis, para produtos entrarem no túnel, sendo que para isso é necessário que outros produtos saiam. Logo, a parte de congelamento (15.a) e resfriamento (15.b) é automatizada, um operador fica acompanhando, porém só interfere no funcionamento do equipamento em caso de problemas. O processo de congelamento e resfriamento foi outro ponto identificado como automação de máquina. É necessário que seja colocado tampa em produtos destinados para outros países, então após congelamento e antes do armazenamento (16), o produto segue para ser colocado tampa na caixa e em seguida segue para plastificar toda a caixa. Os processos de tampar e plastificar são realizados por equipamentos, mas a operação de tampar caixas necessita da intervenção direta de operadores para determinar qual caixa a ser tampada ou não.

Quase toda a parte de paletização dos produtos é manual, ou seja, essa atividade é realizada por pessoas (etapa entre congelamento/resfriamento e armazenamento), porém para um produto específico, a paletização é realizada por um robô, que representa um volume diário de aproximadamente 100 toneladas. O robô faz a parte de paletização do item e encaminha de forma automática para o processo de envolver o palete por filme termo retrátil, e em seguida fica disponível para ser transportado por meio de paleteiras dirigidas por operadores, para o armazenamento (16). Para os produtos paletizados de forma manual, após o produto em palete, através de paleteiras dirigidas por operadores, esse produto é encaminhado para ser envolvido por filme termo retrátil. Essa atividade é realizada por equipamento, com a intervenção direta de operador. Em seguida, esse produto é destinado para câmara de estocagem para armazenamento (16), onde um operador

determina o local que esse produto ficará, e outro operador, com o auxílio de uma paleteira de elevação, leva o produto até o ponto determinado. A saída do produto é realizada da mesma forma, por um operador com auxílio de paleteira de elevação. A etapa de expedição (17), onde há o carregamento do caminhão, é realizada por equipamentos dirigidos por operadores, e um operador realiza o apontamento de todos os itens que estão sendo carregados, finalizando dessa forma todo o processo.

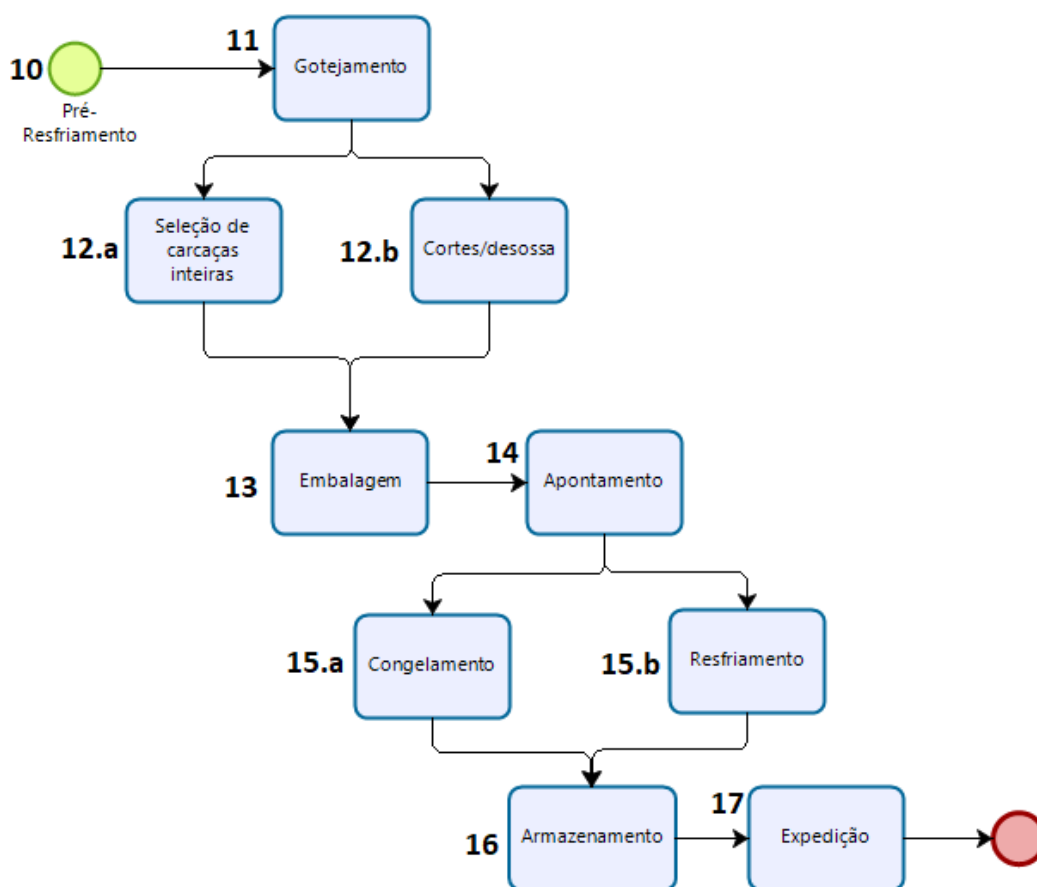


Figura 19 – Etapas contempladas na área de cortes/embalagem e expedição
Fonte: Adaptado de Vieira; Guimarães Filho (2015) e Melz (2010).

Sobre a oferta de cursos de capacitação sobre automação pela empresa, percebeu-se que é ofertado quando há aquisição de novos equipamentos, e capacitação para alguns colaboradores que irão operar esses equipamentos, além dos colaboradores do setor de manutenção. Como há grande rotatividade dos colaboradores, esses cursos de capacitação precisam ser ofertados com maior periodicidade, porém não acontecem com a frequência necessária. Cursos de capacitação sobre automação, sem ser específico de algum equipamento, são raros

de acontecer, e quando acontecem são para colaboradores específicos, pertencentes ao setor de manutenção e supervisores.

A grande maioria da automação usada na empresa é sem sensores, a área de abate e embalagem secundária são as etapas do processo que utilizam alguma automação digital com sensores para controle do processo produtivo, com os quais é possível identificar velocidade da linha, quantidade de frangos abatidos, volume de produto acabado e tempo médio de retenção de produtos no túnel de congelamento.

4.3.1.6.2 Avaliação sobre Indústria 4.0

Através de análise documental, identificou que cursos de capacitação pela empresa sobre Indústria 4.0 nunca foi promovido. Em relação a utilização de ferramentas/conceito da Indústria 4.0, estes são pouco utilizados. Grande volume de dados estão de forma impressa, sem encontrar esses documentos de forma digitalizada, o que dificulta o acesso a dados importantes. Porém, alguns dados estão sendo coletados por meio de sensores, que em tempo real vão para um banco de dados, com acesso de qualquer lugar por pessoas específicas. A maioria dos dados ficam em servidores da empresa, a utilização da ferramenta computação em nuvem está começando a ser inserida na instituição. Em relação a segurança cibernética não foi possível avaliar por meio da observação participante, pois a parte de Tecnologia da Informação fica na administração central, local onde não foi disponibilizado contato.

Durante a observação participante observou-se que não é utilizado nada que caracterize a manufatura aditiva e realidade aumentada. Outro fator que não foi identificado foram sistemas integrados. As principais informações sobre a produção são repassadas por meio do setor Planejamento e Controle da Produção (PCP) e quando os funcionários do processo produtivo procuram o setor. Por exemplo, a área de cortes e a área de congelamento desconhecem o peso médio do frango que está entrando no abate. Caso o peso for maior que a média conhecida, pode ser gerado problemas no processo. Não será possível prever e evitar, pois, só terão conhecimento quando o frango estiver passando pelo setor, ou se os líderes procurarem o PCP. Existe a informação, porém ela está acessível a alguns colaboradores indiretos ao processo. Assim como a integração horizontal não existe. Como exemplo, há o setor de compras que informa as quantidades a serem

compradas de insumos, com base no estoque e previsão de produção, e esse processo poderia ser automatizado e integrado com o fornecedor, possibilitando redução de erros e maior agilidade.

Há alguns equipamentos inteligentes na indústria, que possibilitam operação de forma autônoma, porém esses equipamentos não aprendem com outros equipamentos e com humanos. Todas as suas funções são limitadas por programações e qualquer coisa fora do previsto precisam de intervenção imediata de operadores. Poucos são os equipamentos que operam dessa forma na indústria, a maioria dos equipamentos precisam ser ajustados frequentemente. Durante a observação participante foi possível identificar que a empresa não utiliza ferramentas de simulação virtual. Para todo e qualquer processo novo são realizados testes que demandam alto custo, e muitas vezes os problemas e necessidades são identificados após ter passado este período. Acarretando assim, maior custo de projeto, que não havia sido considerado, o que pode inviabilizar um projeto.

4.3.1.6.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

Em relação a personalizações dos produtos que são adquiridos pela empresa, não é possível personalizá-los (limite pequeno de opções). Existem produtos de linha, e quando um cliente solicita algo diferente é necessário realizar análise de investimentos necessários para produzir o item desejado. Atualmente, as práticas da Indústria 4.0 não são consideradas no processo de planejamento. Muitas vezes caminhões ficam aguardando no pátio porque não há produto em estoque para carregamento, sendo necessário aguardar produção e congelamento. Por vezes é necessário alterar a produção por não ter insumos em estoque. A programação da produção é realizada após o vendedor informar ao setor comercial o que foi vendido, momento que o setor comercial informa o PCP o que precisa produzir e o PCP informa e cobra o setor de cortes o que deve ser produzido. As demais áreas só ficam sabendo o que será produzido quando o item já está a sua porta.

Em relação aos investimentos em inovação tecnológica realizados nos últimos dois anos não foi possível avaliar na observação participante. Porém, foi possível observar que na indústria há inovação tecnológica em vários pontos e que o

setor de Engenharia de Automação Industrial tem trabalhado para garantir o acesso aos dados em tempo real e o setor de Manutenção voltado para implantação de projetos de melhoria e tem trabalhado para automatizar ainda mais a empresa.

De acordo com o que foi possível observar, a empresa se preocupa com o desenvolvimento contínuo de seus colaboradores, porém com foco principal para cargos de liderança, que na maioria das vezes não passam o conhecimento adquirido para os liderados. Durante a observação participante não se identificou a presença de indicadores que monitorem os desdobramentos das ações da Indústria 4.0. Observou-se que está sendo realizado gradativamente investimentos necessários para implementar as tecnologias da Indústria 4.0, até porque sabe-se que os investimentos necessários são altos, precisa acompanhar o crescimento da empresa e apresentar retorno financeiro para que seja viabilizado. Ainda não são incorporados os conceitos e as tecnologias da Indústria 4.0 como principais fatores na estratégia de competição. O foco da estratégia de competição está em inovação, tema que é muito difundido pela diretoria da empresa.

Os principais processos de negócio não são projetados para uma partilha ágil de informações, nem internamente, nem com os demais parceiros de negócio. Como citado anteriormente, as principais informações são repassadas quando o interessado do processo procura os setores que possuem o dado desejado, assim como os demais parceiros do negócio. Ainda não há uma coordenação central para as ações de transformação da Indústria 4.0. O que há forte na empresa são coordenações centrais para as ações de inovação.

4.3.1.6.4 Avaliação sobre Pessoas

Na observação participante não foi possível avaliar de forma efetiva a preparação das pessoas para a Indústria 4.0. Foi possível perceber que as pessoas que atuam diretamente no processo produtivo estão acostumadas a realizar tarefas repetitivas. Treinamentos profissionais com os colaboradores do chão de fábrica são raros de acontecer. Para estes profissionais a transformação para a Indústria 4.0 pode representar uma ameaça. A maioria dos profissionais do chão de fábrica não possuem formação formal. A empresa possui programas para formação acadêmica desses colaboradores e incentiva o estudo. Cabe também a cada colaborador ter o interesse em buscar o seu desenvolvimento e se preparar para os novos desafios.

4.3.1.6.5 Avaliação sobre Tecnologia

A empresa possui algumas tecnologias que estão alinhadas com a Indústria 4.0, porém ainda está iniciando o processo de transformação. Utiliza alguns sensores que transmitem dados em tempo real, possibilitando assim maior controle do processo produtivo e possui algumas ferramentas de análise de dados. Salienta-se que algumas tecnologias/conceitos da Indústria 4.0 nem começaram ainda a serem implantadas, como por exemplo integração horizontal e vertical e conexão IOT.

Durante a observação participante identificou-se poucas ferramentas para a tomada de decisão baseada em dados, e que são utilizadas por poucos setores. Esse conceito está sendo implantado na empresa, e está começando a ser expandido para demais setores, que envolvem toda a cadeia de abate de frango. Também foram identificadas poucas ferramentas que garantem visão em tempo real, que são utilizadas apenas por supervisores responsáveis pelo processo em questão. A empresa ainda não possui ferramentas que permitam uma reação dinâmica às mudanças na demanda. Toda e qualquer alteração na demanda é informada para o setor PCP, que repassa aos responsáveis do processo produtivo.

Através da observação participante foi possível identificar que a empresa não utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuam cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico. Qualquer alteração precisa ser testada no processo produtivo acarretando altos custos. Foi possível identificar que a infraestrutura de poucos equipamentos e instalações da empresa utilizam sistemas que possibilitem o processamento de dados, a comunicação entre equipamentos. Como já comentado anteriormente, identificou-se que na empresa são utilizados dados a partir de sensores, de forma automatizada e em tempo real. Os processos produtivos não são capazes de operar de forma autônoma, auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas. Alguns equipamentos até conseguem operar sem o comando constante de uma pessoa, porém operam a partir de programação e não pode meio de aprendizagem. Não são dotados de tecnologia de inteligência artificial que possibilite a tomada de decisão autônoma.

Finalizando a observação participante, foi possível notar que alguns processos utilizam algumas ferramentas para processar dados em tempo real.

Porém, estes precisam ser melhorados para atender a demanda da Indústria 4.0. Em relação à utilização de tecnologias e sistemáticas de segurança e de proteção de dados contra roubos e utilização indevida de informações, não foi possível realizar uma avaliação de forma efetiva.

4.3.2 Planta Frigorífica Menos Automatizada

Na planta frigorífica menos automatizada não há líderes de setores como na planta frigorífica mais automatizada. Nessa planta, há um supervisor de produção que é responsável desde a etapa de recepção de aves até expedição, mesmas etapas de produção visualizadas na Figura 5. Na estrutura organizacional também existe apenas um encarregado de produção por turno, responsável por todos os processos. Nesta unidade foi aplicado o questionário com a gerência, supervisor de produção e um encarregado de produção. Um segundo encarregado de produção foi convidado a participar da pesquisa, porém não aceitou.

Nesta unidade frigorífica, de menor porte, a estrutura é reduzida, não há setores de apoio como na unidade mais automatizada. O setor de Manutenção é o que realiza o suporte/apoio mais próximo ao processo. Apesar do convite, o responsável por este setor não aceitou participar da pesquisa. Logo, apenas setores produtivos foram avaliados nessa unidade.

4.3.2.1 Automação da Empresa/Setor de Atuação

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Figura 20 e na Tabela 6.

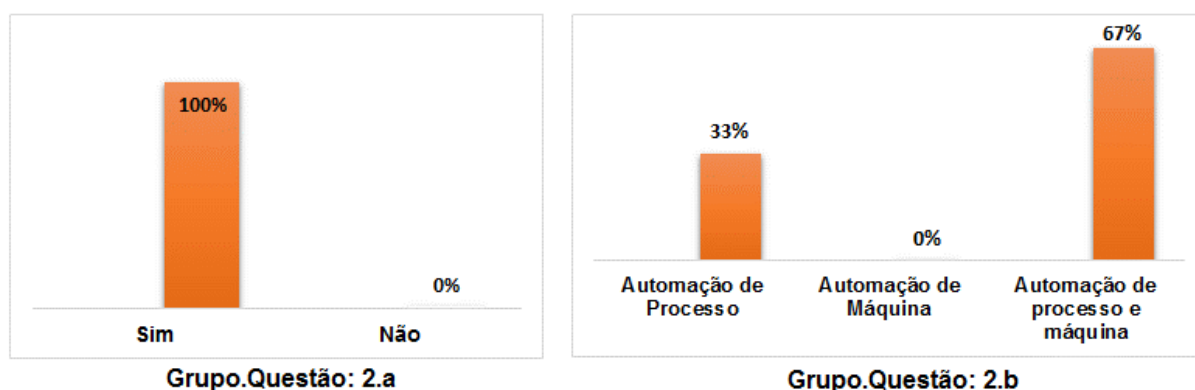


Figura 20 - Resultado da unidade menos automatizada sobre automação
 Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 6 - Resultado da unidade menos automatizada sobre automação

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
2.c	0	0	33,33	66,67	0	0
2.d	0	0	33,33	66,67	0	0
2.e	0	0	0	0	100	0
2.f	0	0	0	0	100	0
2.g	0	0	0	0	100	0
2.h	0	0	66,67	33,33	0	0
2.i	0	0	66,67	0	33,33	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

Para todos os colaboradores utiliza-se algum tipo de automação industrial, sendo que para a maioria dos colaboradores utiliza-se tanto automação de processo quanto de máquinas. A maioria dos profissionais possuem conhecimento médio e bom sobre Automação Industrial. A maioria dos colaboradores consideraram relevante a necessidade de aplicação de novas tecnologias no setor/empresa.

Todos os respondentes consideram muito ou extremamente importante a automação na indústria da carne e a automação aplicada no setor/empresa de sua atuação. A maioria dos profissionais afirmaram que é mais ou menos utilizado automação digital com sensores para controle do processo produtivo. Já em relação a automação usada na empresa ser digital sem sensores, a maioria dos colaboradores afirmaram ser mais ou menos utilizada.

4.3.2.2 Sobre Indústria 4.0

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Figura 21 e na Tabela 7.

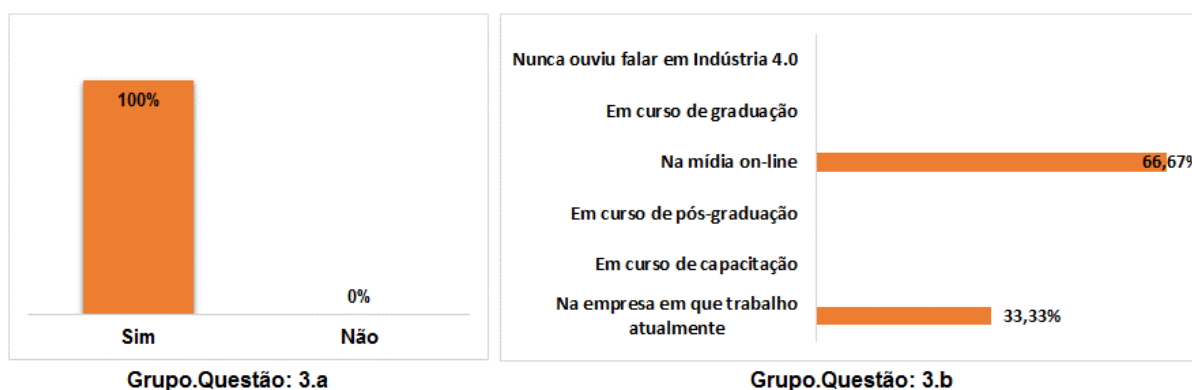


Figura 21 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Indústria 4.0

Fonte: Autoria própria, 2020.

Tabela 7 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Indústria 4.0

Grupo.Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
3.c	0	0	66,67	33,33	0	0
3.d	0	0	33,33	33,33	33,33	0
3.e	0	0	0	0	100	0
3.f	0	0	33,33	66,67	0	0
3.g	0	0	0	33,33	66,67	0
3.h	0	0	0	33,33	66,67	0
3.i	0	0	0	33,33	66,67	0
3.j	0	0	0	33,33	66,67	0
3.k	0	0	0	33,33	66,67	0
3.l	0	0	0	33,33	66,67	0
3.m	0	0	0	33,33	66,67	0
3.n	0	0	0	33,33	66,67	0
3.o	0	0	0	33,33	66,67	0
3.p	0	0	0	33,33	66,67	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

Todos os profissionais que responderam o questionário já ouviram falar em Indústria 4.0, sendo que ouviram pela primeira vez em mídia online e a maioria considerou que possui conhecimento básico sobre o tema.

A maioria dos profissionais afirmaram que cursos de capacitação sobre Indústria 4.0 ofertados pela empresa são raros de acontecer, em contrapartida, a maioria afirmou que capacitações necessárias para a aquisição de habilidades técnicas e gerenciais relacionadas aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 acontecem com frequência.

Todos os colaboradores consideraram extremamente importante para sua atuação profissional conhecer o significado das ferramentas tecnológicas aplicadas na Indústria 4.0, e a maioria dos funcionários afirmaram que utiliza muito ferramentas/conceito da Indústria 4.0. Por fim, todos colaboradores consideraram muito ou extremamente relevante o nível de interesse em conhecer o significado de todos os pilares/conceitos da Indústria 4.0.

4.3.2.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
4.a	0	0	0	100	0	0
4.b	0	0	33,33	66,67	0	0
4.c	0	0	33,33	66,67	0	0
4.d	0	0	66,67	33,33	0	0
4.e	0	0	0	33,33	66,67	0
4.f	0	0	0	66,67	33,33	0
4.g	0	0	0	66,67	33,33	0
4.h	0	0	0	33,33	66,67	0
4.i	0	0	0	100	0	0
4.j	0	0	66,67	33,33	0	0
4.k	0	33,33	33,33	33,33	0	0
4.l	0	33,33	0	66,67	0	0
4.m	0	33,33	33,33	33,33	0	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

Quando investigado sobre as práticas de desenvolvimento contínuo disponibilizados pela empresa para os colaboradores, a maioria dos profissionais afirmam que é muito oferecido. Todos os colaboradores consideraram muito relevante o alinhamento da estratégia e cultura organizacional da empresa para a Indústria 4.0.

A maioria dos colaboradores afirmaram que os investimentos em inovação tecnológica nos últimos dois anos na empresa foram mais ou menos relevantes, assim como avaliaram da mesma maneira o planejamento e realização de investimentos para implementar as tecnologias da Indústria 4.0.

Para a maioria das perguntas que avaliaram o alinhamento da estratégia e cultura organizacional e as práticas da empresa para a Indústria 4.0 a maioria das respostas foram entre mais ou menos e muito relevante. Duas perguntas mostraram incertezas em relação as respostas. Em relação a incorporação dos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 como principais fatores na estratégia de competição e sobre a existência de uma coordenação central para as ações de transformação da Indústria 4.0, cada respondente deu uma afirmação, entre pouco, mais ou menos e muito implantado.

A maioria dos profissionais avaliaram como relevante a capacidade da empresa de adaptar-se às mudanças e a maioria afirmaram que os clientes podem customizar muito os produtos que adquirem na empresa.

4.3.2.4 Avaliação sobre Pessoas

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Pessoas

Grupo.Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
5.a	0	0	0	0	100	0
5.b	0	0	0	66,67	33,33	0
5.c	0	0	0	0	100	0
5.d	0	0	0	0	100	0
5.e	0	0	33,33	33,33	33,33	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

Todos os colaboradores se consideram extremamente capazes de adaptar-se às mudanças da empresa e todos consideraram extremamente importante as novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, análise de dados e computação em nuvem.

Em relação a avaliação do quão preparadas estão as pessoas para a Indústria 4.0, a maioria dos profissionais avaliaram como relevante suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0 e a maioria avaliou da mesma forma a preparação das pessoas da empresa para a Indústria 4.0.

Todos os colaboradores consideraram como extremamente relevante a realização de capacitações necessárias para a aquisição de habilidades técnicas e gerenciais relacionadas aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0.

4.3.2.5 Avaliação sobre Tecnologia

O percentual de colaboradores que responderam às questões que abordaram o tema automação na empresa/setor de atuação pode ser visualizado na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultado da unidade menos automatizada sobre Tecnologia

Grupo. Questão	Resposta (%)					
	Irrelevante	Pouco Relevante	Mais ou menos Relevante	Muito Relevante	Extremamente Relevante	Não Responderam
6.a	0	33,33	0	66,67	0	0
6.b	0	33,33	0	66,67	0	0
6.c	33,33	0	33,33	33,33	0	0
6.d	0	0	33,33	33,33	33,33	0
6.e	0	33,33	33,33	33,33	0	0
6.f	0	33,33	0	33,33	33,33	0
6.g	0	0	0	100	0	0
6.h	0	0	33,33	0	66,67	0
6.i	0	33,33	0	0	66,67	0
6.j	0	0	33,33	33,33	33,33	0
6.k	0	0	33,33	33,33	33,33	0
6.l	100	0	0	0	0	0
6.m	66,67	33,33	0	0	0	0
6.n	0	33,33	0	0	66,67	0
6.o	0	33,33	0	0	66,67	0

Fonte: Autoria própria, 2020.

A maioria dos profissionais (66,66%) consideraram que existe muito alinhamento das tecnologias da empresa para Indústria 4.0. A maioria dos profissionais afirmaram ser muito existente a digitalização do processo produtivo da empresa.

Quanto aos questionamentos sobre segurança cibernética, foram feitas duas perguntas a respeito do tema e a maioria considerou como muito ou extremamente relevante a utilização de ferramentas e sistemáticas que garantem a segurança dos dados.

Todos funcionários classificaram que é muito utilizado ferramentas para tomada de decisão a partir de dados, e todos afirmaram que nenhum equipamento é dotado de tecnologias de inteligência artificial, que possibilita a tomada de decisão autônoma, assim como afirmaram que os processos produtivos não são capazes, ou são pouco capazes, de operar de forma autônoma, auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas. Quando questionados se a infraestrutura de equipamentos e instalações da empresa utiliza sistemas que possibilitam o processamento de dados, a comunicação entre si e com outros equipamentos, cada funcionário deu uma resposta, desde mais ou menos utilizado até extremamente utilizado.

Os profissionais tiveram considerações distintas sobre a utilização de dados a partir de sensores e atuadores, de forma automatizada e em tempo real, considerando desde mais ou menos até sempre utilizado, assim como não houve consenso entre os colaboradores sobre a existência de integração horizontal e vertical.

Em relação a utilização de ferramenta de computação em nuvem, um colaborador afirmou não utilizar, outro afirmou utilizar mais ou menos, e o terceiro afirmou utilizar muito.

A maioria dos respondentes consideraram extremamente relevante a utilização de ferramentas que garantem visão em tempo real da produção e que possibilitam a reação dinâmica às mudanças na demanda.

Quando questionados se na empresa utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuem cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico, a maioria afirmou que na empresa sempre utiliza. Por fim, a maioria afirmou que são sempre utilizadas ferramentas para processar grandes volumes de dados.

4.3.2.6 Percepções da Observação Participante na Planta Frigorífica menos Automatizada

Assim como na planta frigorífica mais automatizada, realizou-se observação participante na planta em questão, possibilitando avaliar os mesmos pontos apresentados no questionário, permitindo melhor avaliação das respostas dadas no questionário aplicado aos três colaboradores participantes da pesquisa dessa planta. Neste capítulo serão apresentadas as percepções da autora para todos os pontos avaliados nesta etapa da pesquisa.

4.3.2.6.1 Avaliação sobre Automação

Através da observação participante foi possível identificar que nessa planta utiliza-se mais automação industrial na área de abate, do tipo automação de processo e não identificou automação de máquinas. O processo produtivo até a sala de cortes é praticamente todo automatizado, apenas a atividade de descarregar aves e pendura é manual. Todos os pontos de inspeção na área de abate também são realizados por pessoas, e o processo de separação de miúdos comestíveis dos não comestíveis também é manual. Nenhum dos equipamentos da área de abate possuem auto ajuste, todos necessitam da interferência de operador, logo, quando entram na linha carcaças maiores ou menores, é necessário ajustar todos os equipamentos da linha, assim como na planta frigorífica mais automatizada.

Na área de cortes, é necessário repondurar os frangos, pois como o processo de resfriamento da carcaça é através de Chiller a água, os frangos caem no chiller, sendo despendurado da linha. A atividade de repondurar o frango é manual, a carcaça fica um tempo pendurada em nórea para que ocorra o gotejamento da carcaça e em seguida é despendurada da linha, e de forma manual, a carcaça é colocada em cones para posterior desossa. Nessa planta não é produzido frango inteiro, apenas cortes. O corte das partes do frango (asa, perna e peito) é feito de forma manual, incluindo desossa de peito e perna. Toda a pesagem de produtos é realizada de forma manual, e apenas alguns produtos são embalados através de equipamentos. No setor de embalagem secundária, a atividade de

colocar o produto dentro das caixas e etiquetagem da caixa são atividades manuais. Após esse processo, o produto é destinado para ser colocado em gaiolas manualmente. Essas gaiolas são transportadas para os túneis de congelamento, através de paleteiras dirigidas por operadores, e o produto permanece nos túneis por aproximadamente 24 horas, pois nessa planta há produção de apenas itens congelados. Os túneis de congelamento possuem duas portas, uma de cada lado, onde o produto é colocado em uma porta e é retirado pela outra. Após congelado, se o produto for destinado para outro país, segue para ser colocada a tampa na caixa e em seguida segue para plastificar, em caso de produtos com destino brasileiro, a caixa é apenas plastificada. O processo de tampar caixa é manual e o processo de plastificar caixa é realizado por equipamento.

A paletização dos produtos é manual. Após o produto em palete, através de paleteiras dirigidas por operadores, esse produto é encaminhado para ser envolvido por filme termo contrátil. Essa atividade é realizada por equipamento, com a intervenção direta de operador. Em seguida, esse produto é destinado para câmara de estocagem, onde um operador determina o local que esse produto ficará, e outro operador, com o auxílio de uma paleteira de elevação, leva o produto até o local determinado. A saída do produto é realizada da mesma forma, por um operador com auxílio de paleteira de elevação. A parte de carregamento do caminhão é realizada por equipamentos dirigidos por operadores, e um operador realiza o apontamento de todos os itens que estão sendo carregados, finalizando dessa forma todo o processo.

Sobre a oferta de cursos de capacitação sobre automação pela empresa, nessa planta segue o mesmo princípio da planta mais automatizada, percebeu-se que é ofertado quando há aquisição de novos equipamentos. A capacitação é realizada para alguns colaboradores que irão operar esses equipamentos, além dos colaboradores do setor de manutenção. Como há grande rotatividade dos colaboradores, esses cursos de capacitação precisariam ser ofertados com maior frequência, porém não acontecem com a periodicidade necessária. Cursos de capacitação sobre automação, sem ser específico de algum equipamento, são raros de acontecer, e quando acontecem são para colaboradores específicos, pertencentes ao setor de manutenção e supervisor. A automação usada na empresa é totalmente sem sensores, diferente da planta frigorífica mais automatizada.

4.3.2.6.2 Avaliação sobre Indústria 4.0

Através da análise de relatórios de cursos realizados da empresa, observou-se que cursos de capacitação sobre Indústria 4.0 para essa planta nunca aconteceu. Em relação a utilização de ferramentas/conceito da Indústria 4.0, os mesmos não são utilizados nessa planta. Grande volume de dados estão de forma impressa, sem encontrar esses documentos de forma digitalizada, e outros precisam ser digitados no sistema. Apenas os dados de produção e peso de entrada de frangos para abate são lançados no sistema sem a necessidade de digitação. A maioria dos dados ficam em servidores, a utilização da ferramenta computação em nuvem ainda não é muito utilizada pelos colaboradores dessa planta. Em relação à segurança cibernética não foi possível avaliar por meio da observação participante, pois a parte de Tecnologia da Informação fica na administração central, local onde a autora não teve acesso.

Durante a observação participante identificou que na empresa não é utilizado nada que caracteriza a manufatura aditiva e realidade aumentada. Outro fator que não foi identificado foram sistemas integrados. As principais informações sobre a produção são repassadas por meio do setor Planejamento e Controle da Produção (PCP), que fica na planta frigorífica mais automatizada, logo, é necessário contato via telefone ou e-mail quando há alguma alteração da produção, assim como a integração horizontal não existe.

Não há equipamentos inteligentes na indústria, que possibilitem operação de forma autônoma, e durante a observação participante foi possível identificar que a empresa não utiliza ferramentas de simulação virtual, para todo e qualquer processo novo, são realizados testes, que demandam alto custo, e muitas vezes os problemas e necessidades são identificados após os testes, acarretando maior custo de projeto.

4.3.2.6.3 Avaliação sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

Em relação a customização dos produtos que são adquiridos na empresa, não é muito possibilitada a customização. Existem produtos de linha, e quando um cliente solicita algo diferente, precisa-se realizar análise de investimentos necessários para produzir o item desejado. Atualmente, as práticas da Indústria 4.0 não são consideradas no processo de planejamento. Nessa planta o processo de

expedição de cargas é diferente da outra, o caminhão só vai para carregamento após um funcionário do frigorífico informar quando uma carga estiver pronta para carregamento. Essa condução não representa um princípio da Indústria 4.0, porém notou-se que o processo dessa planta funciona melhor que a outra. Em relação aos investimentos em inovação tecnológica realizados nos últimos dois anos não foi possível avaliar na observação participante, porém foi possível verificar que não há inovação tecnologia.

De acordo com o que foi possível averiguar, a empresa se preocupa com o desenvolvimento contínuo de seus colaboradores, porém com foco principal para cargos de liderança que na maioria das vezes não passam o conhecimento adquirido para os liderados. Durante a observação participante não foi identificada a presença de indicadores para monitorar o desdobramento das ações da Indústria 4.0. Os investimentos necessários são altos, e esse é um processo que precisa acompanhar o crescimento da empresa e apresentar retorno financeiro para que seja viabilizado. Não é incorporado os conceitos e as tecnologias da Indústria 4.0 como principais fatores na estratégia de competição. O foco da estratégia de competição está em inovação, tema que é muito citado pela diretoria da empresa.

Os principais processos de negócio não são projetados para uma partilha ágil de informações, nem internamente, nem com os demais parceiros de negócio. Como citado anteriormente, as principais informações são repassadas quando alguém ligado ao processo tem interesse e procura os setores que possuem a informação desejada, assim como os demais parceiros do negócio. Ainda não há coordenação central para as ações de transformação da Indústria 4.0 na empresa. O que há de ponto forte na empresa são coordenações centrais para as ações de inovação.

4.3.2.6.4 Avaliação sobre Pessoas

Não foi possível avaliar a preparação das pessoas para a Indústria 4.0, porém foi possível perceber que as pessoas que atuam diretamente no processo produtivo estão acostumadas a realizar tarefas repetitivas. Por meio de relatórios de cursos realizados, foi possível identificar que treinamentos profissionais com os colaboradores do chão de fábrica são raros de acontecer, e treinamentos específicos sobre Indústria 4.0 nunca aconteceu. Então para esses profissionais a

vinda da Indústria 4.0 pode representar uma ameaça devido à sua falta de preparo e capacitação.

4.3.2.6.5 Avaliação sobre Tecnologia

Nesta planta não foi observada nenhuma tecnologia alinhada com a Indústria 4.0. O que é uma indicação de que ainda está distante de seu emprego.

Não se identificou ferramentas para tomada de decisão baseada em dados buscando agilizar e aumentar a confiabilidades do processo. Não foram identificadas ferramentas que garantam a visão em tempo real e a planta não possui ferramenta que permitam reações dinâmicas às mudanças na demanda, toda e qualquer alteração na demanda é informada para o setor PCP, que informa aos responsáveis do processo produtivo via contato por e-mail ou telefone.

Identificou-se que a empresa não utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuam cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico. Qualquer alteração no processo produtivo precisa ser testada, o que pode acarretar altos custos. Não se identificou infraestrutura de equipamentos e instalações da empresa que utilizam sistemas que possibilitam o processamento de dados, comunicação entre si e com outros sistemas. Alguns equipamentos operam sem o comando constante de uma pessoa, porém realizam a tarefa a partir de programação, e não pode meio de aprendizagem. Os equipamentos não são dotados de tecnologia de inteligência artificial, que possibilitem a tomada de decisão autônoma.

Finalizando a observação participante, não se identificou processos que utilizem ferramentas para processar dados em tempo real, e não foi possível avaliar a utilização de tecnologias e sistemáticas de segurança e de proteção de dados contra roubos e utilização indevida.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção será apresentada a análise dos resultados obtidos com o instrumento de coleta e considerações levantadas por meio da observação participante em ambas as plantas, realizando um comparativo entre elas, de cada

tópico investigado por meio do questionário, exceto a respeito dos dados sociodemográficos, que não foram avaliados nesta pesquisa.

4.4.1 Sobre Automação e Indústria 4.0

Sabe-se que a automação de agroindústrias de frango, possibilitada pela Terceira Revolução Industrial, é aspecto fundamental para permitir que a empresa avance rumo a Quarta Revolução Industrial (BREDA, 2011). Com isso, percebe-se maior facilidade para implantar os conceitos/pilares da Indústria 4.0 na unidade mais automatizada, pois está a um passo à frente em relação a outra no quesito automação.

Conhecimento, capacitação, desenvolvimento e treinamento contínuo dos profissionais para o sucesso da implantação da Indústria 4.0 é fundamental, e esse aspecto precisa ser bem estruturado e motivado pelas organizações (ROSEMANN; BRUIN, 2005; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; DA XU; HE; LI, 2014; LICHTBLAU et al, 2015; WANG et al, 2016; CNI, 2016; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; SCHUH et al, 2017; DUJIN; GEISSLER; HORSTKÖTTER, 2014; LUO, 2014). Nesse ponto, por meio da aplicação do questionário e observação participante, notou-se que as empresas pesquisadas ainda não estão fomentando de maneira adequada a Indústria 4.0, pois a maioria dos profissionais ouviram falar do tema fora da empresa que trabalha, assim como a maioria dos profissionais das duas unidades afirmaram que cursos de capacitação sobre Indústria 4.0 ofertados pela empresa são raros de acontecer. Entretanto a maioria afirmou que capacitações necessárias para a aquisição de habilidades técnicas e gerenciais relacionadas aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 acontecem com frequência, isso demonstra uma grande divergência de respostas para perguntas semelhantes, que pode ter acontecido devido interpretação errada de alguma das perguntas ou por divergência de conceitos sobre a caracterização do que é Indústria 4.0 para estes colaboradores.

A observação participante e as perguntas que investigaram a respeito de capacitações fornecidas pelas empresas a respeito da Indústria 4.0 e automação, demonstraram que as duas unidades não fornecem capacitações suficientes para seus colaboradores se prepararem para esse novo paradigma. Quando investigado

sobre as práticas de desenvolvimento contínuo disponibilizados pela empresa para os colaboradores, nas duas plantas, a maioria dos profissionais afirmou que é muito oferecido, e isso foi identificado também na observação participante. Desenvolvimento contínuo é disponibilizado pela empresa, eles acreditam que o desenvolvimento intelectual é de extrema importância, porém, esse desenvolvimento contínuo não é relacionado às habilidades necessárias para a Indústria 4.0. Acredita-se que seja pelo fato de não existir alinhamento estratégico e cultura organizacional para a Indústria 4.0 bem definido pelas empresas, demonstrando que as organizações estão em passos lentos para o desenvolvimento nessa área.

A maioria dos profissionais das duas unidades afirmou ter conhecimento médio sobre automação indústria e Indústria 4.0, o ideal seria que a maioria dos colaboradores que possuem cargos de liderança possuíssem pelo menos bom nível de conhecimento sobre os temas em questão, pois para fomentar um tema é necessário ter conhecimento sobre o mesmo, e o incentivo sobre esses assuntos para os colaboradores da organização precisa vir dos líderes de maneira adequada. Para adquirir conhecimento sobre um determinado tema, é necessário realizar cursos de capacitação, que não são fornecidos pela empresa sobre os temas em questão, isso pode ser o motivo pelo qual os colaboradores não possuem maior conhecimento, e se a empresa tem o interesse em estar inserida nessa era da transformação digital, precisa iniciar o processo capacitando os líderes.

Outro aspecto essencial para garantir o sucesso da implantação da Indústria 4.0 é entender, por parte dos colaboradores, como é a percepção deles em relação à importância de temas ligados a Quarta Revolução Industrial no setor ou na empresa em que atua. Todos os respondentes das duas plantas consideram muito ou extremamente importante a automação na indústria da carne e a automação aplicada no setor/empresa de sua atuação. Entender o quão relevante é esse tema para a indústria de atuação é muito importante para introduzir a empresa nesse novo paradigma.

Inovação tecnológica e tecnologias/ferramentas/conceitos da Indústria 4.0 também são fatores chave para a implantação bem sucedida desse novo paradigma vivenciado. A maioria dos colaboradores das duas unidades considerou relevante a necessidade de aplicação de novas tecnologias no setor/empresa e consideram, o conhecimento do significado das ferramentas tecnológicas aplicadas na Indústria 4.0 e a importância das novas tecnologias. Isso demonstra que os funcionários

percebem a importância desse tema para que a empresa prospere. Em contrapartida, quando questionados se o setor/empresa utiliza ferramentas/conceito da Indústria 4.0, as respostas da unidade mais automatizada apresentaram grande divergência, desde colaboradores que consideraram como irrelevante até colaboradores que consideraram como muito relevante, não permitindo conclusões sem a realização da observação participante, e através desta foi possível observar que as ferramentas/conceitos estão começando a ser implantados, sendo mais perceptíveis em algumas áreas, esse pode ser o motivo da divergência nas respostas. Na outra unidade a maioria dos funcionários afirmou que utiliza muito ferramentas/conceito da Indústria 4.0, porém na observação participante não se notou essa afirmação, sendo que nem mesmo estava automatizada a planta.

Como o interesse por determinado assunto é a porta de entrada para o conhecimento, foi inserido no questionário perguntas sobre o nível de interesse em conhecer significado dos pilares/conceito da Indústria 4.0. Na unidade menos automatizada, todos os colaboradores consideraram relevante o nível de interesse em conhecer o significado de todos os pilares/conceito da Indústria 4.0, assim como a maioria dos colaboradores da unidade mais automatizada também afirmaram que o nível de interesse em conhecer o significado das ferramentas/conceito da Indústria 4.0 é relevante, e mostraram maior interesse em temas familiares ao dia a dia. Sistemas ciber-físicos não foi um tema que apresentou grande interesse para os profissionais da unidade mais automatizada, e o fato desse tema não despertar tanto interesse aos profissionais gera um pouco de preocupação, pois esse tema é a base da Indústria 4.0, uma vez que esse novo paradigma se trata da evolução tecnológica de sistemas embarcados para sistemas ciber-físicos, *cyber-physical system* e CPS (MACDOUGALL, 2014). Muitas pessoas podem não entender a importância de conhecer sobre sistemas ciber-físicos por não conhecer a base da Indústria 4.0, e por ouvirem falar muito de ferramentas que sustentam os pilares da nova revolução, isso pode sugerir que o conhecimento sobre Indústria 4.0 por parte dos respondentes não pode ser considerado nem como médio, como foi defendido pelos colaboradores sobre o conhecimento acerca de Indústria 4.0.

4.4.2 Sobre Estratégia, Estrutura e Cultura Organizacional

A maioria dos profissionais da planta mais automatizada afirmou que os investimentos em inovação tecnológica nos últimos dois anos na empresa são relevantes, porém, quando questionados se é planejado e realizado investimentos para implementar as tecnologias da Indústria 4.0, as respostas apresentaram grande variação, com respostas desde irrelevante até extremamente relevante. Outra pergunta que apresentou divergência nas respostas foi quando questionados sobre o alinhamento das tecnologias da empresa/setor para a Indústria 4.0, desde pouco relevante até extremamente relevante. Na planta menos automatizada, a maioria dos colaboradores afirmaram que os investimentos em inovação tecnológica nos últimos dois anos na empresa foram mais ou menos relevante, não demonstrando muita segurança na resposta, assim como a maioria não demonstrou muita segurança ao avaliar da mesma forma se é planejado e realizado investimentos para implementar as tecnologias da Indústria 4.0. Quando questionados sobre o alinhamento das tecnologias da empresa para a Indústria 4.0, a maioria considerou como muito relevante. Pela observação participante, foi possível identificar que a planta mais automatizada está mais preparada para a Indústria 4.0 quando comparado a unidade menos automatizada, pois apresenta maior grau de inovação e aplicação de ferramentas tecnológicas, na planta menos automatizada, são necessários muitos investimentos em automação juntamente com os conceitos/ferramentas da Indústria 4.0.

Um aspecto preocupante foram as respostas a respeito do que a empresa está fazendo para se inserir na era da digitalização. As respostas para as perguntas que avaliaram o alinhamento da estratégia e cultura organizacional e as práticas da unidade mais automatizada para a Indústria 4.0 apresentaram percentuais parecidos para opiniões diferentes, com variação de respostas entre pouco, mais ou menos e muito relevante. Tanto a empresa quanto os profissionais precisam estar alinhados as necessidades da Indústria 4.0, se as práticas não forem adotadas, a transição para a digitalização não será possível. Na unidade menos automatizada as respostas foram um pouco diferentes em relação a outra planta, a maioria das respostas, para a maioria das perguntas sobre o alinhamento e práticas da empresa para a Indústria 4.0 foram entre mais ou menos e muito relevante. Duas perguntas mostraram incertezas em relação as respostas. Em relação a incorporação dos

conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 como principais fatores na estratégia de competição e sobre a existência de uma coordenação central para as ações de transformação da Indústria 4.0, cada respondente deu uma afirmação, entre pouco relevante, mais ou menos relevante e muito relevante. Por meio da observação participante não identificou presença de coordenação central para as ações de implantação da Indústria 4.0 em ambas as unidades, notou-se forte e bem estruturado alinhamento da empresa voltado para inovação. Para facilitar o processo de transição da Terceira para a Quarta Revolução Industrial, as duas unidades precisam considerar Indústria 4.0 como considera inovação.

Um dos temas citados no questionário foi sobre customização dos produtos, a maioria dos funcionários das duas plantas afirmaram que os clientes podem customizar os produtos que adquirem na empresa. Pela observação participante, identificou-se que os clientes não podem customizar muito os produtos que adquirem. Em ambas as plantas, há limitações nesse aspecto. A Indústria 4.0 vem para facilitar a customização e garantir que seja um processo menos dispendioso para a empresa, garantindo maior valor e satisfação para o cliente.

4.4.3 Sobre Pessoas

Gerar e utilizar dados são uma proposta muito importante da Indústria 4.0, é necessário possuir infraestrutura para coletar, armazenar e utilizar esses dados de forma adequada. O perfil dos profissionais precisa mudar para a realidade da Quarta Revolução Industrial, e isso leva a análise das respostas dos funcionários para questionamentos sobre dados. A maioria dos funcionários das duas plantas consideraram importante o uso e análise de dados para seu trabalho, assim como avaliam como relevante sua capacidade de criar valor a partir de dados e relevante o uso de ferramentas para tomada de decisão a partir de dados. Com base nas respostas dadas, percebe-se que os profissionais das duas plantas têm consciência da importância do uso de dados e transformam isso em informação para posterior tomada de decisão. Isso demonstra que nesse ponto os líderes de setores estão se preparando para a realidade da digitalização, ou pelo menos demonstrando isso.

A transição da Terceira para Quarta Revolução Industrial demanda grandes mudanças, tanto para empresa quanto para os profissionais, por isso, foi avaliado

como os colaboradores vêm sua adaptação e a adaptação da empresa às mudanças, e nesse quesito, a maioria dos profissionais das duas plantas avaliou como relevante a capacidade da empresa e dos profissionais de adaptar-se às mudanças.

Em relação a avaliação do quão preparadas estão as pessoas para a Indústria 4.0, a maioria dos profissionais das duas unidades avaliaram como relevante suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0 e a maioria avaliou da mesma forma a preparação das pessoas da empresa para a Indústria 4.0. Porém, com as respostas dadas às outras perguntas, a afirmação dessas perguntas é questionável. Por meio da observação participante, foi possível observar que os profissionais das duas unidades estão acostumados a realizar tarefas repetitivas, não possui tecnologia disponível que garante dados em tempo real, conseqüentemente não é possível tomar decisão em tempo real, não tem disponíveis os dados a qualquer hora e qualquer lugar, e essas características são fundamentais para a Quarta Revolução Industrial, então nesse aspecto, é necessário mudanças e maior preparo por parte dos colaboradores.

4.4.4 Sobre Tecnologia

Um dos temas mais citados nos trabalhos encontrados na revisão bibliográfica foi sobre sensores, então esse foi um tema considerado no instrumento utilizado para identificar como as agroindústrias ligadas ao abate de frangos estão se preparando e lidando com as perspectivas da Indústria 4.0 em seus processos. Verificou que a maioria dos colaboradores consideraram que na planta mais automatizada é utilizado sensores para controle do processo produtivo e que são utilizados dados a partir de sensores e atuadores, de forma sistematizada e em tempo real, em contrapartida, na unidade menos automatizada, a realidade é outra, a maioria dos profissionais afirmam que é mais ou menos utilizado. Isso foi confirmado através da observação participante, onde foi possível identificar que na planta frigorífica mais automatizada são utilizados alguns sensores, e que a utilização dessa tecnologia está começando a ser inserida e que a perspectiva é que sejam utilizados para controle de todo o processo, desde o abate até expedição, porém na planta menos automatizada a realidade é diferente, não foi identificada a

utilização de sensores para controle do processo produtivo e para coleta de dados. Percebe-se que a unidade mais automatizada tem se preparado e investido na implantação destes elementos para obter informações precisas e em tempo real, de forma a se preparar para a nova Revolução Industrial.

Quanto aos questionamentos sobre segurança cibernética, foram feitas duas perguntas a respeito do tema e houve divergência de resposta entre essas perguntas entre os profissionais da unidade mais automatizada, e não houve consenso de respostas entre os profissionais da unidade menos automatizada. Isso indica uma não confiabilidade sobre a existência de segurança cibernética, e esse pilar não pôde ser verificado na observação participante. Esse não foi um tema encontrado na literatura que compôs o portfólio bibliográfico, porém tema que o autor julgou ser muito necessário, pois como foi afirmado por Silveira (2016), a segurança cibernética é outro pilar da Indústria 4.0 que, associada à robustez dos sistemas de informação, afigura-se como um dos principais desafios para o sucesso da Quarta Revolução Industrial.

Como defendido por Silveira (2016), o fundamento básico da Indústria 4.0 é a conectividade de máquinas, sistemas e ativos, que controlam, autonomamente, os processos produtivos. Baseado também nos pilares mais citados que compõem o portfólio bibliográfico deste trabalho, temos o pilar robôs autônomos, diante o exposto, o uso de tecnologias que permitem a tomada de decisão autônoma é um caminho que deve ser seguido pela empresa, porém, com base no questionário aplicado, a maioria dos profissionais das duas plantas afirmou que nenhum ou poucos equipamentos são dotados de tecnologias de inteligência artificial, que possibilitam a tomada de decisão autônoma, assim como afirmaram que os processos produtivos não são capazes, ou são pouco capazes, de operar de forma autônoma, auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas. Através da observação participante, foi possível identificar que nas duas plantas não há equipamentos auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas, que permitam a tomada de decisão autônoma. Na unidade frigorífica mais automatizada os processos são bastante automatizados, porém todos necessitam de programação prévia para que consigam operar, e na outra unidade o processo é pouco automatizado, e o pouco de automação presente necessita de programação para que possa operar. Há tecnologia disponível no mercado que permite esse controle autônomo, porém ainda com custo menos acessível, então é necessário que a

empresa esteja disposta a investir para que colha os frutos advindos pela Indústria 4.0, e quando investir na unidade menos automatizada, já considerar conectividade de máquinas e autonomia dos equipamentos, fundamentos da Quarta Revolução Industrial.

Integração da cadeia de valor vertical e horizontal foi outro tema abordado no questionário e ponto de análise na observação participante. A mudança da produção centralizada para um modelo flexível e autocontrolado defendido pela Indústria 4.0 consiste na utilização da interconectividade dos mundos físico e virtual, promovendo integração horizontal e vertical (OLIVEIRA JÚNIOR, 2018). Por meio do questionário, identificou-se que a maioria dos respondentes da planta mais automatizada afirmaram que tanto a integração horizontal quanto vertical existem e na planta menos automatizada não houve consenso entre os respondentes sobre o tema. Por meio da observação participante, observou-se que as integrações vertical e horizontal não existem em ambas as unidades, e esse é um ponto que precisa ser fomentado e fortalecido na empresa.

Para garantir que as pessoas tenham acesso aos dados de qualquer lugar, computação em nuvem é uma ferramenta defendida pela Indústria 4.0, e pelo questionário, foi possível identificar que aproximadamente metade dos líderes de produção participantes da pesquisa, considerando ambas as unidades utilizam a ferramentas de computação em nuvem. Ferramentas de computação em nuvem precisam ser mais fomentada entre os colaboradores da Indústria, garantindo dessa forma a acessibilidade aos dados, aspecto defendido pela Quarta Revolução Industrial.

Visão em tempo real é outro fator importante para garantir o sucesso da Indústria 4.0. A maioria dos respondentes das duas unidades frigoríficas afirmou que utilizam ferramentas que garantem visão em tempo real da produção e que possibilitam a reação dinâmica às mudanças na demanda. Através da observação participante, na unidade mais automatizada, foi possível observar que existe ferramenta que garante a visão em tempo real, porém não são em todos os setores e não está disponível para todos os líderes de produção, é acessível aos supervisores de produção. Para exemplificar, na empresa há uma ferramenta que possibilita o supervisor da área de abate a visualização em tempo real do abate, onde toda parada é identificado de imediato, assim como redução de linha e quantidade de frangos abatidos, e esse dado permite que o colaborador faça

intervenções imediatas para corrigir ou prevenir possíveis falhas. Na unidade menos automatizada não identificou ferramentas que garantem visão em tempo real da produção. Foi possível identificar a eficiência dessa ferramenta, e a mesma não demanda alto investimento e alto grau de automação, o que facilita a utilização por maior número de empresas, de diferentes portes. Nesse quesito, a unidade mais automatizada também está a frente da unidade menos automatizada.

Quando questionados se na empresa utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuem cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico, metade dos profissionais da unidade mais automatizada afirmaram que na empresa utiliza essa ferramenta, na unidade menos automatizada a maioria afirmou que na empresa utiliza. Através da observação participante identificou-se que não há tecnologia que reproduza virtualmente o mundo físico em nenhuma das unidades. Esse é um pilar que não foi muito citado na literatura, porém é um aspecto importante para a Quarta Revolução Industrial e é uma ferramenta, que se bem utilizada, garante menores custos para empresa, como por exemplo, em caso de simulações de alterações de processo e novos projetos, uma vez que permite prever falhas e erros.

Como a Indústria 4.0 defende tecnologias e ferramentas que geram grandes volumes de dados, é necessário que a empresa possua ferramentas para processar esses dados, senão, de nada adianta a geração de dados, pois os mesmos não serão utilizados de forma adequada. Porém, houve grande divergência nas respostas dadas pelos respondentes do questionário da unidade mais automatizada, onde houve número muito parecido de pessoas que afirmam que não são utilizadas e que são utilizadas ferramentas para processar grandes volumes de dados, não permitindo uma conclusão precisa. Na planta menos automatizada, a maioria afirmou que são utilizadas ferramentas com essa funcionalidade. Na observação participante não foram identificadas ferramentas adequadas para processar grandes volumes de dados, a infraestrutura da empresa precisa ser melhorada e melhores ferramentas precisam ser utilizadas, para garantir que os dados sejam utilizados em toda sua potencialidade.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo mostrou as necessidades para que empresas do ramo de abate de frango tenham condições de implantar a Indústria 4.0 em suas fábricas, com base no que foi identificado no estudo de caso realizado.

No aspecto automação, a empresa mais automatizada está mais preparada que a outra organização, entretanto há muita tecnologia e automação disponível no mercado, então empresas que apresentam bom nível de automação não podem estagnar e ficarem satisfeitas com a tecnologia que possuem, sendo necessária atualização contínua, e empresas que apresentam baixo nível de automação, como uma das plantas pesquisadas nesse estudo precisa fortalecer esse aspecto e sempre buscar melhoria e atualização contínua.

No quesito capacitação, as duas empresas pesquisadas demonstraram fraquezas em relação a esse aspecto, precisam investir mais no desenvolvimento dos profissionais acerca de automação e Indústria 4.0, para que possam integrar às perspectivas da Indústria 4.0. Entendimento sobre a importância da automação na empresa de atuação e no ramo de atividade, os profissionais das duas unidades possuem, assim como interesse sobre assuntos relacionados à Indústria 4.0, então as empresas precisam aproveitar essa oportunidade e fomentar ainda mais o interesse de seus colaboradores a respeito desses temas, antes que os profissionais percam o interesse por falta de motivação por parte da empresa. Na planta mais automatizada identificou-se que conhecimento acerca de CPS não apresentou muito interesse por parte dos respondentes, esse tema é a base da Indústria 4.0, precisa ser conhecido e entendido pelos colaboradores de empresas que desejam adentrar à Quarta Revolução Industrial, então essa foi uma fraqueza identificada que precisa ser fortalecida.

Observou-se que a planta mais automatizada apresenta estratégia, estrutura e cultura organizacional mais alinhados a esse novo paradigma produtivo da Indústria 4.0 quando comparado com a planta menos automatizada, alinhando as tecnologias para a Indústria 4.0, de forma a considerar, planejar e realizar investimentos em inovação tecnológica, porém ainda apresenta muita necessidade de fortalecimento desse quesito, e caso isso não aconteça, pode regredir toda a evolução que está tendo nessa dimensão, e uma possível solução para esse problema pode ser a criação de uma coordenação central para as ações de

transformação da Indústria 4.0, dessa maneira a empresa sempre evoluirá de forma positiva nessa dimensão. A planta menos automatizada demonstra maiores necessidades para alinhar sua estratégia, estrutura e cultura organizacional para a Indústria 4.0 para integrar às perspectivas dessa nova indústria, precisa considerar, planejar e realizar mais investimentos em inovação tecnológica e considerar também a possibilidade de uma coordenação central para a Indústria 4.0. É necessário que as empresas, tanto agroindústrias como qualquer outro ramo, que deseje integrar-se à Indústria 4.0, alinhem sua estratégia, estrutura e cultura organizacional para esse novo conceito de indústria, considerando, planejando e realizando investimentos em inovação tecnológica. Uma sugestão para que as empresas possam evoluir rumo à Quarta Revolução Industrial é a criação de indicadores para avaliar o progresso na implantação das ações necessárias para a Indústria 4.0, sendo que esses indicadores devem ser desenvolvidos e monitorados por um setor exclusivo a essa atividade, dessa forma as chances de regredir os avanços conquistados são menores.

A customização de produtos é um aspecto fortalecido pela Indústria 4.0, cada vez mais os clientes querem produtos personalizados que apresentem suas personalidades. O processo de produção de itens personalizadas eram muito mais caros, pois muitas vezes envolviam muitas tarefas manuais. Porém com a tecnologia trazida pela Quarta Revolução Industrial, customizar os produtos ficou muito mais fácil e barato para empresas, permitindo criar maior valor do produto para o cliente. No ramo das agroindústrias percebeu-se, com o estudo de caso realizado, que o aspecto de customização precisa ser fortalecido e melhorado na empresa, pois pode garantir potenciais benefícios para a empresa, como valorização da marca e preferência dos clientes, e nenhuma das empresas investigadas possibilitam a customização de seus produtos pelos clientes.

As pessoas precisam estar preparadas para a Quarta Revolução Industrial, e aspectos como a capacidade das pessoas em criar valor e tomar decisões a partir de dados é indispensável para o perfil do profissional dessa indústria inteligente. Com base nas respostas dos profissionais das duas empresas pesquisadas percebe-se que as pessoas de agroindústrias estão preparadas para a Indústria 4.0, o que precisa ser avaliado é se realmente estão preparadas ou se apenas acreditam estar preparadas. Toda mudança gera algum tipo de resistência, então é necessário preparar a empresa e as pessoas para as mudanças advindas da Indústria 4.0, e

segundo os profissionais das empresas pesquisadas, as pessoas e as empresas são de fácil adaptação às mudanças, porém esse é outro aspecto que precisa ser verificado. É necessário avaliar as afirmações anteriores, pois os profissionais das duas plantas afirmaram que possuem as habilidades necessárias quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0, porém, a realização de atividades repetitivas foi uma das características mais marcantes identificadas, sendo que esse é um atributo não considerado na Indústria 4.0. Então a preparação das pessoas é um aspecto que precisa ser melhorado nesse ramo de atividade para implantação da Indústria 4.0.

Algumas tecnologias propostas pela Indústria 4.0 estão sendo utilizadas em agroindústrias de frango, como pôde ser identificado na planta mais automatizada, como sensores e ferramentas que garantem visão em tempo real. Porém muitas ferramentas não são utilizadas, onde identificados aspectos que precisam ser melhorados. Utilização de robôs inteligentes e autônomos, computação em nuvem, ferramentas que garantem segurança cibernética, ferramentas que garantem integração vertical e horizontal e ferramentas que reproduzam o mundo real são ferramentas que não são utilizadas em nenhuma das duas plantas investigadas. Sem investimento nas tecnologias propostas pela Indústria 4.0 não será possível integrar-se à realidade da Quarta Revolução Industrial, então no quesito tecnologia, as empresas desse ramo de atividade precisam se preparar mais.

Na Tabela 11 são apresentados, de forma resumida, os aspectos que precisam ser melhorados na agroindústria do frango para que se possa atingir o paradigma produtivo da Indústria 4.0 e as potencialidades do segmento estudado.

Potencialidades	Aspectos que precisam ser melhorados
Disponibilidade de tecnologia para automação de máquinas e do processo produtivo	Preparo das pessoas Conhecimento e capacitação
Utilização de ferramentas que garantem visão em tempo real	Integração horizontal e vertical
Utilização de sensores	<i>Big Data</i> <i>Cloud Computing</i> Segurança cibernética Manufatura aditiva Realidade aumentada

Figura 22 - Potencialidades e aspectos que precisam ser melhorados
Fonte: Autoria própria, 2020.

5. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foram inicialmente estabelecidos os conceitos e tecnologias que devem estar presentes em organizações, mais especificamente da indústria de abate de frangos, para que estejam atuando dentro do preconizado como Indústria 4.0. Colaboradores de setores e áreas ligadas à produção participaram do levantamento de informações, o qual buscou identificar a presença destas características nas operações das organizações.

Basicamente duas indústrias foram avaliadas. Apesar de processos análogos, tradicionais, eram possuidoras de portes, capacidades e equipamentos de tecnologias diferentes. Com o levantamento foi possível identificar que empresas que já possuem maior automação de processos e máquinas e equipes de apoio capacitadas, possuem maior maturidade e facilidade de inserção na Indústria 4.0. Inclusive alguns conceitos/ferramentas defendidos pela Quarta Revolução Industrial já estão sendo utilizados em alguns setores produtivos. Existe a tendência de expansão destas tecnologias pelos demais setores da planta produtiva. Salienta-se que ao colher os frutos advindos dessas ferramentas os gestores perceberão os potenciais benefícios.

Porém, foi constatado que independente do porte (pequeno ou grande) ou do maior ou menor nível de automação, a maior parte dos funcionários não está preparada para esta nova forma de gestão. Em plantas menores, com menor nível de automação, percebeu-se maior dificuldade para alcançar os requisitos futuros da Indústria 4.0. Foi possível perceber o interesse dos profissionais e também conhecimento equivocado sobre assuntos relacionados a esse novo paradigma.

Com o estudo realizado considerou-se que o objetivo do trabalho foi alcançado. Foi possível identificar a situação atual das agroindústrias brasileiras ligadas ao abate frango, como estão se preparando e lidando com relação às perspectivas e potencialidades da Indústria 4.0, levando em consideração três dimensões, tecnologia, pessoal e gestão, possibilitando orientações visando auxiliar implantações futuras neste segmento.

O primeiro objetivo específico identificou como elementos caracterizadores da Indústria 4.0 para a agroindústria de frango as ferramentas robôs autônomos, sensores, atuadores e comunicação máquina-a-máquina (M2M), que permitiu

elaborar um instrumento que auxiliou no levantamento e obtenção de informações, integrando dados teóricos com as visões práticas e ocorrências junto aos usuários.

Os demais objetivos específicos também foram atingidos, identificando as facilidades e dificuldades de cada uma das três dimensões estudadas (pessoal, tecnologia e gestão), levantando potenciais necessidades para que abatedouros de aves integrem às perspectivas da Indústria 4.0.

Com a pesquisa foi possível identificar que a agroindústria do frango brasileira, apesar dos investimentos em máquinas e equipamentos modernos, ainda não está próxima a integrar-se ao novo paradigma produtivo que é a Indústria 4.0. Mesmo as indústrias de maior capacidade, consideradas mais automatizadas, ainda tem muito que se aprimorar em todos as três dimensões estudadas.

Aspectos que precisam ser fortalecidos em abatedouros de frango: (i) integração horizontal e vertical, pois não foram identificados tecnologias e interesses por parte dos colaboradores acerca do assunto; (ii) utilização do *big data analytics*, base para a Indústria 4.0; (iii) *cloud computing*; e (iv) segurança cibernética. Sem a utilização destas ferramentas não há possibilidade de implantação bem estruturada e integrada da Indústria 4.0.

Os funcionários precisam ser capacitados, entender e apoiar as implantações tecnológicas, eliminando a desconfiança de que serão substituídos pela automação e máquinas. O conhecimento e capacitação será necessária para adequar o perfil do profissional para essa nova indústria.

Os resultados da pesquisa demonstraram que os abatedouros de frango no Brasil ainda necessitam de grandes modificações para serem integrados ao novo paradigma produtivo. Mesmo empresas consideradas com alto grau de automação precisam se aprimorar em todos as três dimensões estudadas (pessoal, tecnologia e gestão). Em plantas com menor grau de automação, as três dimensões precisam ser desenvolvidas quase que integralmente, principalmente a dimensão tecnologia.

Propõe-se como continuidade desta pesquisa em trabalhos futuros: (i) a aplicação do instrumento para maior número de abatedouros de aves; (ii) aumentar o extrato de avaliação incluindo indústrias de abate de frango de pequeno, médio e grande porte, para avaliar diferentes realidades estruturais/financeiras quanto de mercado; (iii) realização do levantamento da realidade em abatedouros de outras espécies de maior volume no mercado nacional, como suínos e bovinos; (iv) realizar um comparativo entre abatedouros das diversas espécies; (v) realizar comparativos

entre os abatedouros nacionais e os internacionais; e (vi) elaborar um modelo de maturidade para avaliar a Indústria 4.0 no contexto da indústria cárnea.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2018**. São Paulo, SP: Abpa. 2018.
- ALMEIDA, G.M., PARK, S.W. Visual analytics: buscando o desconhecido. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 33, n. 1, p. 27-35. 2017.
- ASIF, M., SABEEL, M., MUJEEB-UR RAHMAN, K. Z. Waiter robot-solution to restaurant automation. In: **Proceedings of the 1st student multi disciplinary research conference (MDSRC)**, At Wah, Pakistan, p. 14-15. 2015.
- ALPERSTEDT NETO, C.A., ROLT, C.R.D., ALPERSTEDT, G.D. Acessibilidade e tecnologia na construção da cidade inteligente. **RAC. Revista de Administração Contemporânea**, v. 22, n. 2, p. 291-310. 2018.
- AVISITE. **Notícia**. Cresce a participação do sul na exportação de carne de frango. 2019. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=19499> >. Acesso em: 20 mar. 2019.
- AZEVEDO, H.C.D. Controlador lógico programável aplicado à indústria 4.0. Dissertação de Mestrado. Brasil, 2018.
- BADER, F., RAHIMIFARD, S. Challenges for Industrial Robot Applications in Food Manufacturing. In: **Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control**. p. 1-8. 2018.
- BARBUT, S. **The science of poultry and meat processing**. 2015.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo/Laurence Bardin; Tradução de Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. **São Paulo: Edições**, v 70. 2011.
- BORLIDO, D.J.A. Indústria 4.0: aplicação a sistemas de manutenção. Dissertação de Mestrado. Portugal. 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de julho de 1999. Métodos analíticos físico-químicos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes-sal e salmoura. 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Habilitação e certificação sanitária**. 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/empresas#section-2> >. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BREDA, D.M. **Revolução científico-técnica e divisão internacional do trabalho: elementos para a análise da dependência tecnológica na América Latina**. 2011.

BRUNO, F.D.S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. 2017.

CALEGARI, L.P., FETTERMANN, D.C., ZANDONAI, G. Percepção de valor em dispositivos tecnológicos geradores de informações alimentares de produtos alimentícios customizados. **Blucher Design Proceedings**, v. 3, n. 12, p. 985-993, 2017.

CESAR SANTOS, C., DE ARAÚJO SALES, J.D. O desafio da privacidade na internet das coisas. **GESTÃO. Org: Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 13, 2015.

CHAÂRI, R., ELLOUZE, F., KOUBÂA, A., QURESHI, B., PEREIRA, N., YOUSSEF, H., TOVAR, E. Cyber-physical systems clouds: A survey. **Computer Networks**, v. 108, p. 260-278. 2016.

CHANG, W.L., GRADY, N. **NIST Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Big Data Definitions. 2015**. Disponível em:
<<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1500-1r1.pdf>>.
Acesso em: 21 mar. 2019.

CHEN, M., MAO, S., LIU, Y. Big data: A survey. **Mobile networks and applications**, v.19, n. 2, p. 171-209, 2014.

CHEN, R.Y. An intelligent value stream-based approach to collaboration of food traceability cyber physical system by fog computing. **Food Control**, v. 71, p. 124-136, 2017.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. Portal da Indústria. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI. 2016.

COELHO, P.M.N. **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado. 2016.

DA SILVA, V.V. Cyber Physical System applied in poultry production. **i-ETC: ISEL Academic Journal of Electronics Telecommunications and Computers**, v. 4, n. 1, p. 7, 2018.

DAVIES, R. Industry 4.0: digitalization for productivity and growth. **European Parliamentary Research Service**, v. 1, 2015.

DE BRUIN, T., ROSEMANN, M., FREEZE., R., KAULKARNI, U. Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. **Australasian Conference on Information Systems (ACIS)**:. Australasian Chapter of the Association for Information Systems, 2005.

DEMARTINI, M., PINNA, C., TONELLI, F., TERZI, S., SANSONE, C., TESTA, C. Food industry digitalization: From challenges and trends to opportunities and solutions. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 1371-1378, 2018.

DENZIN, N.K., LINCOLN, Y.S. A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. **O planejamento da pesquisa qualitativa—teorias e abordagens**, v. 2, p. 5-41, 2006.

DOS SANTOS, E.C. A reestruturação produtiva – do fordismo à produção flexível no estado de São Paulo. **O novo mapa da indústria no início do século XXI**, p. 201, 2015.

DOS SANTOS, T. **Revolução científico-técnica e capitalismo contemporâneo**. Vozes. 1983.

DREHER, A. **The smart factory of the future**. 2015. Disponível em: <<https://www.belden.com/blog/industrial-ethernet/the-smart-factory-of-the-future-part-1>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

DUARTE, A.Y.S. Proposta de integração entre ferramentas de avaliação de ciclo de vida do produto e Indústria 4.0 (Industrie 4.0): estudo de caso da indústria têxtil e de confecção brasileira. 2017.

DUJIN, A., GEISLER, C., HORSTKÖTTER, D. Think Act Industry 4.0. The new industrial revolution: How Europe will succeed. **Ronald Berger Strategy Consultants GmbH: Munich, 24p**. 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário 2018 da avicultura industrial**, n. 11, a. 109, v. 1272, 2018.

EVANGELISTA, W.L., COSTA, M.S. Análise biomecânica do setor de desossa de suínos em um frigorífico típico da indústria suinícola do Brasil. **XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2013.

FERREIRA, N.S., YOSHIDA, E.M.P. Produção científica sobre psicoterapias breves no Brasil e demais países latino-americanos (1990-2000). **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 9, n. 3, p. 523-531. 2004.

FGV. O setor de carnes no Brasil e suas interações com o comércio internacional. **Anufood brazil**. 2019. Disponível em: <https://gvagro.fgv.br/sites/gvagro.fgv.br/files/u115/03_Setor_Carnes_Brasil_PT.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2021.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Fiesp identifica desafios da indústria 4.0 no Brasil e apresenta propostas. 2018. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

FIRJAN. Federação da Indústria do Estado do Rio de Janeiro. **Indústria 4.0**: internet das coisas. Cadernos SENAI de Inovação. 2016.

GERBERT, P., LORENZ, M., RÜBMANN, M., JUSTUS, J., ANGEL, P., HARNISCH, M. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **BCG Perspectives**, 2015.

GIL, A.C. Métodos e técnica de pesquisa social. São Paulo, SP: Atlas. 2010.

GOODMAN, D., SORJ, B., WILKINSON, J. **Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional.** 2008.

GOMIDE, L.A.D.M., RAMOS, E.M., FONTES, P.R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças.** Viçosa: Editora UFV, 370 p. 2009.

HADDARA, M., ELRAGAL, A. The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. **Procedia Computer Science**, v. 64, p. 721-728, 2015.

HANG, M.Y.L.P. MARTINEZ-HERNANDEZ, E., LEACH, M., YANG, A. Designing integrated local production systems: A study on the food-energy-water nexus. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 1065-1084, 2016.

HERMANN, M., PENTEK, T., OTTO, B. *Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review.* **technische Universität Dortmund, working paper**, v. 1, 2015.

HOZDIĆ, E. Smart factory for industry 4.0: A review. **International Journal of Modern Manufacturing Technologies**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Brasileiro. 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=0&tema=75645>. Acesso em: 20 abr. 2019.

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. Estudo de sistema produtivo petróleo e gás. Brasília: IEL/NC. Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas. 2018.

IQBAL, J., KHAN, Z.H., KHALID, A. Prospects of robotics in food industry. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 159-165, 2017.

ITU. International Telecommunication Union. **The internet of things**, 2005. Disponível em: <<https://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industrie 4.0 working group. **Forschungsunion: Berlin, Germany**, 2013.

KAGERMANN, H., HELBIG, J., HELLINGER, A., WAHLSTER, W. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group.** Forschungsunion. 2013.

KRAVČÍK, Miloš; ULLRICH, Carsten; IGEL, Christoph. Supporting Awareness and Reflection in Companies to Move towards Industry 4.0. p. 1–6, 2017.

KUMAR, S. Impact of Service-Oriented Architecture Adoption on Electronic Supply Chain Performance. **AMCIS 2007 Proceedings**, p. 411, 2007.

LEITÃO, P., COLOMBO, A.W., KARNOUSKOS, S. Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. **Computers in Industry**, v. 81, p. 11-25, 2016.

LENCIONI, S. Estado de São Paulo: lugar de concentração da inovação e da intensidade tecnológica da indústria brasileira. **O novo mapa da indústria no início do século XXI. Diferentes paradigmas para a leitura das dinâmicas territoriais do estado de São Paulo. São Paulo: Ed. da UNESP Digital**, p. 13-34, 2015.

LEOPOLD, T.A., RATCHEVA, V., ZAHIDI, S. The future of jobs report 2018. In: **Geneva: World Economic Forum**. 2018. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

LIBARDONI, R.Z., DE SALES, N.T. Indústria 4.0: estudo de caso preliminar em abatedouros de aves com foco em sensoriamento e IoT. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PR, 2018.

LICHTBLAU, K., STICH, V., BERTENRATH, R., BLUM, M., BLEIDER, M., MILLACK, A., SCHRÖTER, M. IMPULS-industrie 4.0-readiness. **impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln**, 2015

LUO, W. Germany industrial 4.0 strategic enlightenment to China's industrial transformation. **Fiber Reinforced Plastics/Composites**, p. 125-128, 2014.

MACDOUGALL, W. Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future. Germany Trade & Invest, 2014.

MAHALIK, N., NAMBIAR, A.N. Trends in food packaging and manufacturing systems and technology. **Trend in Food Science & Technology**, v. 21, n. 3, p. 117-128, 2010.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. **Fundamentos da metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2009.

MAREL POULTRY. Machinery and Equipment for Meat Industry. Latest developments in poultry processing: a global outlook. **VIV MEA**. Abu-Dhabi, United Arab Emirates, 2016.

MATTHIEU, A., FRANCK, S., LAURENT, S., KÉVIN, S., GRIGORE, G., YOUCEF, M. Robotic solutions for meat cutting and handling. In: **European Workshop on Deformable Object Manipulation**. 2014.

MELZ, L.J. Competitividade da cadeia produtiva de carne de frango em Mato Grosso: avaliação dos segmentos de avicultura e processamento. 2010.

MOURTZIS, D., VLACHOU, E., MILAS, N.J.P.C Industrial Big Data as a result of IoT adoption in Manufacturing. **Procedia CIRP**, v, 55, p. 290-295, 2016.

MUELLER, M., KUHLENKOETTER, B., NASSMACHER, R. Robots in food industry challenges and chances. In: ISR/Robotik 2014; 41st International Symposium on Robotics. VDE, p. 1-7, 2014.

NASCIMENTO, A.M., BELLINI, C.G.P. Artificial intelligence and industry 4.0 The next frontier in organizations. **BAR-Brazilian Administration Review**, v. 15, n. 4, 2018.

O'DONOVAN, P., BRUTON, K., O'SULLIVAN, D. Case study: the implementation of a data-driven industrial analytics methodology and platform for smart manufacturing. **International Journal of Prognostics and Health Management**, v. 7, p. 1-22, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, L.D. **Modelo de maturidade para indústria 4.0 para PME's brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal**. Dissertação DE Mestrado, 2018.

PARDI, M.C., SANTOS, I.F., SOUZA, E.R., PARDI, H.S. Ciência, higiene e tecnologia da carne: Tecnologia da sua obtenção e transformação. **Goiânia: Universidade de Goiás**, v. 1, p. 586, 1993.

POCHMANN, M. **Brasil sem industrialização: a herança renunciada** Editora UEPG, 2016.

PORTER, M.E., HEPPELMANN, J.E. How smart, connected products are transforming competition. **Harvard business review**, v. 92, n. 11, p. 64-88, 2014.

RAIMUNDO, L.M.B., BATALHA, M.O., TORKOMIAN, A.L.V. Dinâmica tecnológica da Indústria Brasileira de Alimentos e Bebidas (2000-2011). **Gestão & Produção**, v. 24, n. 2, p. 423-436, 2017.

RATTNER, H. **Informática e sociedade**. São Paulo: Brasiliense. 1985.

REICHENHEIM, M. E., MORAES, C. L. Buscando a qualidade das informações em pesquisas epidemiológicas. **Caminhos do pensamento: epistemologia e método**, p. 227-254, 2002.

RODRIGUES, L.F., DE JESUS, R.A., SCHÜTZER, K. Industrie 4.0: uma revisão da literatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 38, p. 33-45. 2016.

ROSEMANN, M., BRUIN, T.D. Towards a business process mangement maturity model. 2005.

ROTTA, F. Indústria 4.0 pode economizar R\$73 bilhões ao ano para o Brasil. **Postagem**. ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. 2017. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/postagem/industria-4-0-pode-economizar-r-73-bilhoes-ao-ano-para-o-brasil>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

RUIZ, B. Habrá más robots, nanotecnología y demás en avicultura. **Industria avícola**. 2018. Disponível em: <<https://www.industriaavicola.net/blog/habra-mas-robots-nanotecnologia-y-demas-en-avicultura/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SANTOS, R.C. Proposta de modelo de avaliação de maturidade da indústria 4.0. 2018. Tese de Doutorado.

SCHUH, G., ANDERL, R., GAUSEMEIER, J., TEN HOMPEL, M., WAHLSTER, W. **Industrie 4.0 maturity index managing the digital transformation of companies**. Utz, Herbert, 2017.

SCHUMACHER, A., EROL, S., SIHN, W. A maturity model for assessing industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, v. 52, n. 1, p. 161-166, 2016.

SCHWAB, K. **The fourth industrial revolution: what it means and how to respond**. 2015. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SCHWAB, K., DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Indústria 4.0: o futuro das profissões**. Espírito Santo: Federação das Indústrias do Estado. 2018.

SILVA, D.G.D. **Indústria 4.0: conceito, tendências e desafios**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

SILVEIRA, C.B. O que é a indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. **Citisystem**. 2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

SHIFT, D. Technology tipping points and societal impact. In: World Economic Forum Survey Report, 2015. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

SINDIAVIPAR. Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná. **Notícia**. 2019. Disponível em: <<https://sindiavipar.com.br/empresas-produtoras/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SOARES, A.D.S. A automação e o terceiro mundo. **Revista de Administração de Empresa**, v. 28, n. 3, p. 63-69. 1988.

SOUZA, E.S.D. Características e impactos da Indústria 4.0: percepção de estudantes de ciências contábeis, 2018.

STREINER, D.L., NORMAN, G.R., CAIRNEY, J. **Health measurement scales: a practical guide to their development and use**. Oxford University Press, USA, 2015.

SUN, D.W. Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method. **Journal of Food Engineering**, v. 44, n. 4, p.245-249, 2000.

TAVERNARI, F.D.C., ALBINO, L.F.T., ARÁUJO, W.A.G. Manejo pré-abate de frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

UNTERHOFER, M. **Assessment model for industrial companies to define the maturity level of Industry 4.0 implementation**. Master (Industrial Mechanical Engineering). Faculty of Science and Technology. German: Unibz. 2018.

VIEIRA, G.B., GUIMARAES FILHO, L.P. Gerenciamento da produção: padronização de processos em abatedouro de aves. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Fortaleza, 2015.

DA XU, L., HE, W., LI, S. Internet of things in industries: a survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 10, n. 4, p. 2233-2243, 2014.

WANG, S., WAN, J., LI, D., ZHANG, C. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, N. 1, 2016.

WILSON, M. Developments in robot applications for food manufacturing. **Industrial Robot: An International Journal**, 2010.

WOLFE, M.L., TING, K. C., SCOTT, N., SHARPLEY, A. JONES, J.W., VERMA, L. Engineering solutions for food-energy-water systems: it is more than engineering. **Journal of Environmental Studies and Sciences**, v. 6, n.1, p. 172-182, 2016.

ZAIA, M. Balança comercial: agronegócio é fundamental para o saldo positivo. 2019. Disponível em: <<http://www.pastoextraordinario.com.br/balanca-comercial-agronegocio-para-saldo-positivo/>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ZHOU, K., LIU, T., ZHOU, L. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: **2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)**. IEEE, p. 2147-2152, 2015.

APÊNDICE A

Instrumento para a caracterização da Indústria 4.0 em Agroindústrias do Frango

1. Dados Sociodemográficos

1.1 Nome (aceita-se só prenome): _____

1.2 Gênero: () masculino () feminino

1.3 Faixa etária (ano completo): () $20 \leq 30$ () $31 \leq 40$ () $41 \leq 50$ () $51 \leq 60$ () 60 ou +

1.4 Estado civil: () solteiro_a () casado_a () divorciado_a () viúvo_a () união estável

1.5 Formação acadêmica: () Graduação () Especialização
() Mestrado () Doutorado () Pós-doutorado
() Técnico () Outros: _____

1.6 Tempo de atuação profissional na Empresa (ano completo) _____

1.7 Setor de atuação profissional: _____

1.8 Há quanto tempo atua nesse setor? _____

1.9 Função que exerce no setor e/ou na Empresa (atual):

1.10 Em quais etapas do processo produtivo já trabalhou?

Sobre a Automação da Empresa/setor de sua atuação

Supõe-se que o(a) senhor(a) esteja familiarizado(a) com o conceito de automação industrial. Caso contrário, poderá deixar sem responder alguma questão.

2.a: Seu setor/empresa utiliza de algum tipo de automação industrial?

- Sim Não

2.b: Se a resposta anterior for sim, qual tipo de automação?

- Automação de processo Automação de máquinas

2.c: Seu conhecimento sobre automação industrial é:

- Não tem conhecimento Pouquíssimo conhecimento Conhecimento básico Bom conhecimento Altíssimo conhecimento

2.d: A oferta de curso de capacitação pela empresa sobre automação é?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

2.e: Como qualifica a necessidade de aplicação de novas tecnologias no setor/empresa

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

2.f: A importância da automação na indústria de carne é?

- Não é importante Pouco importante Mais ou menos importante Muito importante Extremamente importante

2.g: A importância da automação aplicada no setor/empresa de sua atuação é?

- Não é importante Pouco importante Mais ou menos importante Muito importante Extremamente importante

2.h: Automação usada no setor/empresa é digital sem sensores?

- Não é usada Pouco usada Mais ou menos usada Muito usada Extremamente usada

2.i: Automação é digital com sensores para controle do processo produtivo?

- Não é usada Pouco usada Mais ou menos usada Muito usada Extremamente usada

Sobre Indústria 4.0

Supõe-se que o(a) senhor(a) esteja familiarizado(a) com o conceito de automação industrial. Caso contrário, poderá deixar sem responder alguma questão.

3.a: Já ouviu falar em Indústria 4.0?

- Sim Não

3.b: Pela primeira vez, ouvi falar em Indústria 4.0:

- Na empresa em que trabalho atualmente Em curso de capacitação Em curso de especialização Outros: _____
 Na mídia on-line Em curso de graduação Em curso de pós-graduação

3.c: Seu conhecimento sobre Indústria 4.0 é?

- Não tem conhecimento Pouquíssimo conhecimento Conhecimento básico Bom conhecimen Altíssimo conhecimento

3.d: A oferta de curso de capacitação pela empresa sobre Indústria 4.0 é?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.e: Para sua atuação profissional, conhecer o significado das ferramentas tecnológicas aplicadas na indústria 4.0 é?

- Não é importante Pouco importante Mais ou menos importante Muito importante Extremamente importante

3.f: Em seu setor/empresa, utiliza-se alguma ferramenta/conceito da Indústria 4.0?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Extremamente utilizado

3.g: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Sistemas Ciber-físicos?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.h: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Internet das Coisas?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.i: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Computação em Nuvem?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.j: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Big Data Analytics?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.k: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Segurança Cibernética?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.l: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Manufatura Aditiva?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.m: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Realidade Aumentada?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.n: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Sistemas Integrados?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.o: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Robôs Inteligentes?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

3.p: Qual seu nível de interesse em conhecer ou ampliar seu conhecimento sobre o significado de Simulação Virtual?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

Sobre estratégia, estrutura e cultura organizacional

Para implantar Indústria 4.0, além da importância do uso de tecnologias é necessário que estratégia, estrutura e cultura organizacional da empresa estejam alinhadas aos conceitos da Indústria 4.0. Responda as perguntas:

4.a: Como o(a) senhor (a) considera o alinhamento das estratégias e cultura organizacional da empresa/setor de sua atuação para a Indústria 4.0?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

4.b: Até que ponto os clientes podem individualizar os produtos que adquirem na empresa/setor de sua atuação?

- Nunca Pouco Às vezes Muito Sempre

4.c: Até que ponto a empresa que o(a) senhor(a) trabalha considera as práticas da Indústria 4.0 no processo de planejamento? Desde o planejamento de previsão de vendas, como de produção e logística?

- Nunca Pouco Às vezes Muito Sempre

4.d: Como você classificaria os investimentos em inovação tecnológica nos dois últimos anos na empresa/setor de sua atuação?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

4.e: Qual é a importância do uso e análise de dados (dados do produto, dados gerados por equipamentos) para o seu trabalho?

- Não é importante Pouco importante Mais ou menos importante Muito importante Extremamente importante

4.f: Como o(a) senhor(a) avalia sua capacidade de criar valor a partir de dados?

- Incapaz Pouco capaz Mais ou menos capaz Muito capaz Extremamente capaz

4.g: Como o(a) senhor(a) avalia as práticas de desenvolvimento contínuo disponibilizadas pela empresa/setor de sua atuação para seus colaboradores?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

4.h: Como o(a) senhor(a) avalia a capacidade da empresa/setor de sua atuação de adaptar-se às mudanças?

- Incapaz Pouco capaz Mais ou menos capaz Muito capaz Extremamente capaz

4.i: A empresa/setor de sua atuação possui indicadores apropriados para monitorar o desdobramento das ações da Indústria 4.0 com objetivos e metas realistas?

- Não possui Possui pouco Possui mais ou menos Possui muito Possui multíssimo

4.j: Na empresa/setor de sua atuação é planejado e realizado investimentos necessários para implementar as tecnologias da Indústria 4.0?

- Nunca Pouco Às vezes Muito Sempre

4.k: Na empresa/setor de sua atuação é incorporado os conceitos e as tecnologias da Indústria 4.0 como principais fatores na estratégia de competição?

- Não é implantado Pouco implantado Mais ou menos Muito implantado Extremamente implantado

4.l: Na empresa/setor de sua atuação, os principais processos de negócio são projetados para uma partilha ágil de informações, internamente na empresa e com os demais parceiros do negócio?

- Não é implantado Pouco implantado Mais ou menos Muito implantado Extremamente implantado

4.m: Na empresa/setor de sua atuação existe uma coordenação central para as ações de transformação da Indústria 4.0?

- Não é implantado Pouco implantado Mais ou menos Muito implantado Extremamente implantado

Sobre pessoas

Com a inserção de ferramentas e modelo de gestão voltados para a Indústria 4.0, as pessoas são muito afetadas pelas mudanças ocasionadas pela digitalização. Isso exige novas habilidades e qualificações, necessitando que as pessoas sejam preparadas e treinadas de forma contínua para acompanhar as mudanças. Responda as perguntas:

5.a: Como o(a) senhor(a) avalia a sua capacidade de adaptar-se às mudanças de sua empresa?

- Incapaz Pouco capaz Mais ou menos capaz Muito capaz Extremamente capaz

5.b: Como o(a) senhor(a) avalia a preparação das pessoas da empresa/setor de sua atuação para a Indústria 4.0?

- Despreparadas Pouco preparadas Mais ou menos preparadas Muito preparadas Extremamente preparadas

5.c: Como o(a) senhor(a) avalia a importância das novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, análise de dados e computação em nuvem, para a empresa/setor de sua atuação?

- Não é importante Pouco importante Mais ou menos importante Muito importante Extremamente importante

5.d: Como o(a) senhor (a) avalia a realização de capacitações necessárias para a aquisição de habilidades técnicas e gerenciais relacionadas aos conceitos e tecnologias da Indústria 4.0?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

5.e: Como o(a) senhor (a) avalia as suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

Sobre tecnologia

Para considerar que uma fábrica está no patamar da Indústria 4.0 é necessário que seu ambiente de produção tenha os sistemas de produção e os sistemas logísticos funcionando sem a intervenção humana. Na Indústria 4.0 o mundo físico e o virtual comunicam-se através de uma forte infraestrutura de TI, a Internet das Coisas. Para a Indústria 4.0 é fundamental a colaboração entre empresas, entre sistemas de produção, entre sistemas de informação e pessoas em tempo real. Responda as perguntas:

6.a: Como o(a) senhor(a) considera o alinhamento das tecnologias (sistemas, IOT, integrações entre sensores, ferramentas de análises de dados) da empresa/setor de sua atuação para a Indústria 4.0?

- Não existe Existe pouco Existe mais ou menos Existe muito Completo

6.b: Como o(a) senhor (a) considera a digitalização do processo produtivo da empresa/setor de sua atuação (por exemplo, usa RFID para identificação, sensores, conexão IOT)?

- Não existe Existe pouco Existe mais ou menos Existe muito Completo

6.c: O(A) senhor(a) utiliza a ferramenta de computação em nuvem para armazenamento de dados?

- Nunca Pouco Às vezes Muito Sempre

6.d: Como o(a) senhor (a) avalia o grau de integração da cadeia de valor vertical (integração de informações entre setores e produção) da empresa/setor de sua atuação?

- Não existe Existe pouco Existe mais ou menos Existe muito Completo

6.e: Como o(a) senhor (a) avalia o grau de integração da cadeia de valor horizontal (solicitação de compras ao fornecedor, pedidos de venda dos clientes) da empresa/setor de sua atuação?

- Não existe Existe pouco Existe mais ou menos Existe muito Completo

6.f: A empresa/setor de sua atuação utiliza ferramentas que garantem a segurança de informação (disponibilidade de dados, integridade das informações e confidencialidade)?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.g: De que forma o(a) senhor(a) classificaria o uso de ferramentas para tomadas de decisão baseada em dados?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.h: O(A) senhor(a) utiliza ferramentas que garantem visão em tempo real de sua produção e que possibilitam a reação dinâmica às mudanças na demanda?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.i: Na empresa/setor de sua atuação utiliza instalações fabris e equipamentos de produção que possuem cópias digitais, que reproduzam virtualmente o mundo físico?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.j: A infraestrutura de equipamentos e instalações da empresa/setor de sua atuação utiliza sistemas que possibilitam o processamento de dados, a comunicação entre si e com outros sistemas?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.k: Na empresa/setor de sua atuação são utilizados dados a partir de sensores e atuadores, de forma automatizada e em tempo real?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.l: Na empresa/setor de sua atuação os equipamentos são dotados de tecnologias de inteligência artificial, que possibilitam a tomada de decisão autônoma?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

6.m: Na empresa/setor de sua atuação os processos produtivos são capazes de operar de forma autônoma, auxiliados por sistemas de aprendizagem de máquinas?

- Irrelevante Pouco relevante Mais ou menos relevante Muito relevante Extremamente relevante

6.n: Na empresa/setor de sua atuação são utilizadas tecnologias e sistemáticas de segurança e de proteção de dados contra roubos e utilização indevida?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza

6.o: Na empresa/setor de sua atuação os principais processos utilizam ferramentas para processar grandes volumes de dados de diversas fontes, de forma sistematizada e em tempo real?

- Não utiliza Utiliza pouco Utiliza mais ou menos Utiliza muito Sempre utiliza