

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

LIBÓRIO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**MODELO DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0 PARA PME'S
BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE
RAÇÃO ANIMAL**

DISSERTAÇÃO

**PATO BRANCO
2018**

LIBÓRIO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**MODELO DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0 PARA PME'S
BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO
ANIMAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEPS, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk
Oliveira

PATO BRANCO

2018

O48m Oliveira Júnior, Libório de.
Modelo de maturidade para indústria 4.0 para PME's brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal / Libório de Oliveira Júnior. – 2019.
99 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.
Pato Branco, PR, 2019.
Bibliografia: f. 81 - 89.

1. Pequenas e médias empresas. 2. Gestão de projetos. 3. Modelos de capacitação e maturidade (Software). 4. Automação industrial. I. Oliveira, Gilson Admczuk, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 47

A Dissertação de Mestrado intitulada “**Modelo de maturidade para a indústria 4.0 para PME’s brasileiras: um estudo de caso em uma indústria de ração animal**”, defendida em sessão pública pelo candidato Liborio de Oliveira Junior, no dia 10 de dezembro de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Guilherme Luz Tortorella – UFSC

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin - UTFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 03 de abril de 2019.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.

Dedico esta dissertação a três mulheres importantíssimas na minha vida: minha mãe, minha esposa e minha filha. Mulheres que, cada uma de sua forma, têm me ajudado a ser uma pessoa melhor dia após dia.

“A felicidade só é plena quando é compartilhada”

Christopher McCandless

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por dar-me força mesmo nos momentos em que perdi a fé. Por confortar-me quando estava cansado e por me amparar nas mais difíceis situações em que me encontrei.

A minha esposa, amor da minha vida, a qual sempre foi a maior incentivadora em minha vida. Ela sempre esteve ao meu lado, não apenas nos momentos fáceis, mas - de forma inspiradora - nos momentos mais difíceis. Se sou quem sou, se cheguei aonde cheguei, foi graças a você.

A pequena princesa Carolina a qual ilumina meus dias, por ter entendido as vezes que o papai falou que não poderia brincar contigo porque eu precisava estudar. Por vir perto de mim, com seu sorriso meigo, enquanto eu dissertava, apenas para dar um abraço e me fazer lembrar por que eu estava ali. Te amo filha linda, sempre estarei do seu lado!

Ao meu orientador e amigo, Prof. Gilson Adamczuk Oliveira, o qual sempre carregarei no coração, não apenas pelo seu papel como orientador, mas como um grande ser humano que é. O Sr. mesmo sabendo de minhas limitações e dificuldades, sempre me apoiou e me deixou confiante durante todo o mestrado. Foi você quem acreditou em mim mais do que eu mesmo. Pretendo um dia ser para um aluno tão importante quanto fostes para mim. Muito obrigado meu amigo!

A todos os professores do PPGEPS que, de alguma forma, contribuíram para esta dissertação e que contribuíram muito para o meu aprendizado. Também gostaria de estender o agradecimento ao próprio Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção em Sistema, por ter me honrado ao aceitar minha candidatura como mestrando, mesmo tendo uma agenda bastante conturbada.

Aos amigos da Anhambi Alimentos que acreditaram na importância da pesquisa e não mediram esforços para participar. Por fim, a empresa Anhambi Alimentos, por permitir que o desenvolvimento deste trabalho ocorresse em suas plantas.

RESUMO

OLIVEIRA JR, Libório; **MODELO DE MATURIDADE PARA A INDÚSTRIA 4.0 PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTIA DE RAÇÃO ANIMAL**. 2018, Dissertação de Engenharia de Produção e Sistemas – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

As frequentes mudanças nos cenários econômico, social, ambiental e tecnológico impõem às indústrias a criação de estruturas físicas e virtuais que permitam uma cooperação estreita e uma rápida adaptação ao longo de todo o ciclo de vida de seus produtos, desde a inovação e desenvolvimento até a produção e distribuição. Esse trabalho apresenta um modelo de maturidade, construído a partir de uma revisão sistemática da literatura, para avaliar o nível de maturidade em indústrias dos países em desenvolvimento em relação à sua inserção em ambiente da Indústria 4.0. Utilizou-se a metodologia de desenvolvimento de modelo de maturidade que se baseia em seis fases: Escopo, *Design*, Preencher, Teste, Implementar e Manter. Tem-se ao final do processo um modelo dividido em sete dimensões, agrupadas em três aspectos: Tecnologia, Organização e Pessoas o qual foi aplicado em uma indústria de médio porte produtora de ração animal. A aplicação prática do modelo constatou que o nível de maturidade desta empresa ainda não está dentro das práticas da Indústria 4.0, porém está no processo de digitalização uma vez que a informação é substituída por componentes e sistemas conectados. Conclui-se então que a empresa, que está em um nível 2 de 5, precisa equalizar todos os aspectos correlatos, começando pela inserção do tema “Indústria 4.0” nas pautas de planejamento, investimento em tecnologias de IoT em toda linha de produção e capacitação contínua dos seus funcionários.

Palavras-chave: Pequenas e Médias Empresas (PEM), Modelos de Maturidade, Indústria 4.0, Países em Desenvolvimento, Ração Animal

ABSTRACT

OLIVEIRA JR, Libório; **MATURITY MODEL FOR INDUSTRY 4.0 FOR DEVELOPING COUNTRIES: A CASE STUDY IN AN ANIMAL FEEDING INDUSTRY**. 2018, Dissertation - Graduate Program in Industrial and Systems Engineering, Technological University Federal of Parana. Pato Branco, 2018.

The frequent changes in the economic, social, environmental and technological scenarios impose on industries the creation of physical and virtual structures that allow close cooperation and rapid adaptation throughout the entire life cycle of their products, from innovation and development to production and distribution. This work presents a maturity model, constructed from a systematic review of the literature, to evaluate the level of maturity in industries of developing countries in relation to their insertion in the environment of Industry 4.0. Was used the maturity model development methodology that is based on six phases: Scope, Design, Fill, Test, Implement and Maintain. At the end of the process is a model divided into seven dimensions, grouped into three aspects: Technology, Organization and People, which was applied in a medium-sized industry producing animal feed. The practical application of the model found that the level of maturity of this company is not yet within the practices of Industry 4.0, but is in the process of scanning since the information is replaced by connected components and systems. It is concluded that the company, which is at a level 2 of 5, needs to equalize all related aspects, starting with the insertion of the theme "Industry 4.0" in the planning guidelines, investment in IoT technologies in every line of production and training employees.

Keywords: Small and Medium Enterprises (SME), Maturity Models, Industry 4.0, Developing Countries, Animal Feed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas da Pesquisa	23
Figura 2. Linha do Tempo da Evolução da Indústria.....	25
Figura 3. Opções a longo prazo o volume de produção e o âmbito de fabricação ...	32
Figura 4. Atividades Executados no Desenvolvimento da Pesquisa	45
Figura 5. Fases do Desenvolvimento do Modelo	47
Figura 6. Dimensões do modelo de maturidade	58
Figura 7. Níveis de maturidade para a Indústria 4.0	65
Figura 8. Modelo de maturidade I4.0PME.....	67
Figura 9. Níveis de maturidade por dimensão	74
Figura 10. Níveis de maturidade por aspecto	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado do pré-teste com funcionários da Anhambi em 2018.....	70
Tabela 2. Respostas do questionário por departamento	72
Tabela 3. Nível de maturidade resumido por dimensão.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Modelos de maturidade para a Indústria 4.0.....	38
Quadro 2. Modelos de maturidade não indexados em bases bibliográficas.....	41
Quadro 3. Modelos de maturidade com perspectiva para PME's	54
Quadro 4. Critérios observados no constructor "Tecnologias da Informação"	61
Quadro 5. Critérios observados no constructor "Gerenciamento de Dados"	61
Quadro 6. Critérios observados no constructor "Internet das Coisas"	61
Quadro 7. Critérios observados no constructor "Estratégias Organizacional"	61
Quadro 8. Critérios observados no constructor "Cultura Organizacional"	61
Quadro 9. Critérios observados no constructor "Abertura à Inovação"	62
Quadro 10. Critérios observados no constructor "Competências em Tecnologias"..	62
Quadro 11. Níveis de maturidade propostos aos especialistas	62
Quadro 12. Perguntas do questionário de maturidade	69
Quadro 13. Departamentos dos entrevistados.....	71

LISTA DE SIGLAS

BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CC	<i>Cloud Computing</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPS	<i>Cyber-Physical System</i>
IoT	Internet das Coisas
MÊS	<i>Manufacturing Execution System</i>
MIS	<i>Management Information Systems</i>
MM	Modelo de Maturidade
PBL	<i>Problem Based Learning</i>
PIB	Produto Interno Bruto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PLM	<i>Product Life Cycle Management</i>
PME	Pequena e Média Empresa
PME's	Pequenas e Médias Empresas
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	19
1.3.1 Objetivo Geral.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.3 JUSTIFICATIVA.....	20
1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS	22
1.4.1 Enquadramento Metodológico	22
1.4.2 Etapas da Pesquisa	22
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 A HISTÓRIA DA INDÚSTRIA	24
2.2 INDÚSTRIA 4.0.....	26
2.2.1 Tecnologias da Indústria 4.0.....	27
2.3 CENÁRIO ATUAL DA MANUFATURA GLOBAL.....	31
2.3.1 PME's no Contexto da Indústria 4.0	33
2.4 MODELOS DE MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0	35
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	43
3.1 UNIDADE DE PESQUISA	43
3.2 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2.1 Revisão Sistemática da Literatura	45
3.2.2 Desenvolvimento do Modelo de Maturidade	46
3.2.3 Entrevistas e Ajustes	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 FASE 1: REVISÃO DA LITERATURA	52
4.2 FASE 2: MODELOS DE MATURIDADE	53
4.3 FASE 3: DESENVOLVIMENTO DO MM PARA PME'S	55
4.3.1 Dimensões do Modelo de Maturidade	55
4.3.2 Validação do Modelo	58
4.3.3 Influências Externas	63
4.3.4 Níveis de Maturidade.....	64
4.3.5 Modelo de Maturidade para PMEs Brasileiras	66

4.4 FASE 4: ENTREVISTAS E COLETA DE DADOS	67
4.5 FASE 5: ANÁLISE DOS DADOS	70
4.5.1 Apresentação dos Dados Coletados	72
4.5.2 Discussões	75
4.6 FASE 6: MANUTENÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE	79
5 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE A	92
APÊNDICE B	101

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentam-se os seguintes tópicos: (i) Contextualização do tema de pesquisa; (ii) Problema de pesquisa; (iii) Objetivo geral e objetivos específicos; (iv) Justificativa da pesquisa; (v) Aspectos metodológicos; e (vi) Delimitação da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Organizações industriais perseveram para não sucumbirem diante das mudanças que os cenários econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos lhes impõem. Tais mudanças exigem que estas empresas adotem novas estratégias para melhorar a qualidade em seus processos e em toda a sua cadeia de valor. Para tal, a indústria do futuro precisará criar estruturas físicas e virtuais que permitam uma cooperação estreita e uma rápida adaptação ao longo de todo o ciclo de vida, desde a inovação até a produção e distribuição (GLIGOR; HOLCOMB, 2012).

Nesta perspectiva, observa-se que a melhor prática é o aumento da eficiência em relação aos processos de fabricação. Entretanto, os avanços na eficiência do processo produtivo ocorrem de forma individual ao invés de ocorrer em toda cadeia produtiva (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016). Avanços como: o uso da robótica ou o uso do laser aplicados ao nível de fabricação; uso de nano materiais, fibra de carbono ou biomateriais ao nível de tecnologias de materiais são, por exemplo, avanços que levam a ganhos significativos, porém são benefícios isolados quando se observa a eficiência do processo como um todo.

Lanza *et al.* (2015) preveem ganhos significativos em eficiência através da integração digital e os processos inteligentes de fabricação. Contudo, essa integração deve ocorrer em nível horizontal, envolvendo todos os participantes da cadeia produtiva, bem como em nível vertical (todas as camadas da automação). Alguns conceitos recentes como Internet das Coisas (IoT), a Internet Industrial, Fabricação Inteligente e Fabricação Baseada em Nuvem abordam estas integrações e estão sendo considerados como movimento de uma nova revolução industrial (LANZA; HAEFNER; KRAEMER, 2015). Se trata da quarta revolução industrial, a "Indústria 4.0" ou "Manufatura Redistribuída".

A complexidade deste novo paradigma exige que as empresas estejam preparadas e que seus processos de produção estejam maduros suficientemente para essa mudança de paradigma, garantindo assim a eficiência necessária para criar uma cadeia de valor. Esta proposta de eficiência em toda cadeia produtiva, promovida pela Indústria 4.0, demanda uma maior complexidade e maturidade nos processos de fabricação. Sem contar que, por causa da aquisição da tecnologia envolvida e do impacto que isto pode causar em seu modelo de negócio, se torna sensivelmente difícil de implementar nas pequenas e médias empresas (JÄGER *et al.*, 2016).

Estados Unidos, Alemanha e China se destacam entre os países que têm mais investido na modernização de suas indústrias para poder aproveitar essa onda e com isto alavancar a produção industrial garantindo liderança mundial. Outras nações seguem esta tendência para não perder competitividade global (VERMULM, 2018).

Países em desenvolvimento têm que conviver com um cenário internacional movimentado que os obriga a reavaliar seu desenvolvimento produtivo (VERMULM, 2018). Segundo Firjan (2016, p.16) a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a Indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a Indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação). Para ingressar no cenário da Indústria 4.0, as indústrias brasileiras precisam retomar o investimento no setor e modernizar suas estruturas, amadurecer seus processos produtivos e criar modelos de negócio adequados (VERMULM, 2018).

O setor mais adiantado para receber essa nova onda de produção no país é a indústria automotiva. Isto se deve à maturidade tanto nos processos produtivos, a presença de tecnologia e automação de maquinários industriais e a constante atualização na qualificação dos profissionais deste segmento (FIRJAN, 2016).

Contudo, segundo boletim informativo da Sindirações (2017), o Brasil é considerado um dos protagonistas do agronegócio global e por isso não pode pecar pela omissão. Desta forma, sugere-se um estudo neste setor que permita identificar o seu nível de maturidade e que possa auxiliá-lo na transição para a Indústria 4.0, promovendo assim, que as agroindústrias brasileiras se tornem cada vez mais competitivas.

Um estudo recente realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) apontou que, dos 24 setores industriais brasileiros, 14 estão digitalmente atrasados (CNI, 2017). Como estes setores representam 40% de toda produção industrial brasileira, entende-se que quase metade de tudo que é produzido no Brasil não é fabricado dentro de uma realidade digital/tecnológica (V2COM, 2018).

Em um outro estudo produzido pela Cornell University (2018) o qual apresenta o índice de inovação de um país, colocou o Brasil na 64^o posição entre 126 países. Dentro da região latino-americana, o país ficou na 6^a colocação, subindo 5 posições em relação a mesma pesquisa feita em 2017. Contudo, o país ainda não conquistou uma posição de destaque na escala global; portanto, ainda há um grande espaço de oportunidades a ser percorrido.

Dados de 2016/2017 apontam uma queda na participação da indústria de transformação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e esta queda, segundo especialistas, não é justificada ainda mesmo porque o Brasil não chegou ao seu máximo de potencialidade industrial devido às particularidades de nossa economia e infraestrutura deficitária (CNI, 2017).

As indústrias brasileiras precisam estar preparadas para serem consideradas competitivas, ou seja, precisam adquirir maturidade suficiente para conseguir adaptar-se às mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, bem como, outras variáveis do ambiente externo, tendo a competência de garantir e sustentar resultados superiores aos desenvolvidos pela concorrência (STONEHOUSE; SNOWDON, 2007).

O termo maturidade refere-se a algo em estado de completo ou que se encontra no último estágio do seu desenvolvimento (DICIO, 2017). Portanto, quando se refere à maturidade de um sistema, como por exemplo, organizacional, teológico ou biológico entende-se que existe um aumento de suas capacidades ao longo do tempo em relação à conquista de algum futuro desejável (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016).

Os modelos de maturidade são comumente usados como um instrumento para conceituar e medir a maturidade de uma organização ou um processo em relação a um determinado objetivo. Os modelos de maturidade são instrumentos populares usados, por exemplo, para classificar as capacidades dos elementos de

amadurecimento e selecionar as ações apropriadas para levar tais elementos a um nível de maturidade mais alto (KOHLEGGGER; MAIER; THALMANN, 2009).

Considerando este contexto, o presente estudo, apresenta um *framework* conceitual, construído a partir de uma revisão sistemática da literatura, para avaliar o nível de maturidade de empresas de países em desenvolvimento em relação à Indústria 4.0. A partir deste *framework*, foi desenvolvido um instrumento para avaliação do nível de maturidade específico para Pequenas e Médias Empresas (PME's), considerando as características destas, assim como o contexto dos países em desenvolvimento.

Diante do exposto, identifica-se como problema de pesquisa o seguinte questionamento: como avaliar a potencial inserção de PME's em países em desenvolvimento no novo paradigma produtivo em curso da Indústria 4?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Nestes tópicos, apresentam-se o objetivo geral e objetivos específicos que serão alcançados pela pesquisa. Estes objetivos norteiam a pesquisa com intuito de buscar resposta ao problema proposto na seção **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um modelo de maturidade para as indústrias de pequeno e médio porte de países em desenvolvimento no contexto da Indústria 4.0.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para que o Objetivo Geral seja alcançado, o trabalho será desenvolvido em três etapas:

1. Identificar os modelos de maturidade utilizados no domínio da Indústria 4.0 por meio de uma revisão sistemática da literatura e investigar as características que diferenciam no contexto dos países em desenvolvimento;
2. Desenvolver um instrumento de avaliação de maturidade que contemple as particularidades das PEM's de países em desenvolvimento;

3. Avaliar uma PME aplicando o modelo desenvolvimento, com intuito de constatar o status quo da empresa no que se refere às práticas da Indústria 4.0;

1.3 JUSTIFICATIVA

Para justificar esta pesquisa, utiliza-se como premissa os problemas identificados em entrevistas semiestruturadas realizadas com profissionais e pesquisadores da Alemanha e Inglaterra (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016):

- As PME's percebem os conceitos de Indústria 4.0 como altamente complexos, sem orientação estratégica oferecida;
- Estas empresas não têm uma ideia clara da Indústria 4.0, resultando em incerteza quanto aos benefícios e resultados;
- Também não conseguem avaliar suas próprias capacidades no setor 4.0, o que impede a tomada de medidas coordenadas.

Isso sugere que em países desenvolvidos as incertezas ainda existem, o que reforça a necessidade de analisar o tema sob a perspectiva dos países de economias emergentes como o Brasil. Uma vez que a implantação da Indústria 4.0 no cenário brasileiro traz desafios como: (i) a construção de políticas estratégicas, incentivos governamentais; (ii) a reunião de empresários e gestores com postura proativa; e (iii) o desenvolvimento tecnológico e formação de profissionais, próximos à indústria (FIRJAN, 2016).

Pelo exposto, é possível verificar que existem problemas referentes ao entendimento do conceito da Indústria 4.0 em países desenvolvidos, onde intui-se existir uma maior cooperação em toda cadeia de valor maior do que em um país em desenvolvimento (TONI, 2017). Sendo assim, investigar o nível de maturidade das indústrias dos países em desenvolvimento pode auxiliar na preparação para este movimento, o que promete ganhos em toda cadeia de valor, buscando também encurtar seu atraso em relação ao contexto global.

Segundo Berger (2014) em 1991, os países emergentes participavam com 21% da econômica industrial internacional. Em 10 anos este número saltou para 40%, indicando uma queda na participação dos países desenvolvidos na indústria global. Esta queda fez com que países como a Alemanha desenvolvesse novas estratégias

para recuperar a sua participação na indústria internacional utilizando tecnologias que permitissem aumentar o valor agregado de seus produtos (FIRJAN, 2016).

Os impactos da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 são os mais variados. A eficiência dos processos irá melhorar, pois haverá sensores por toda a planta industrial que permitirão que as variáveis do processo de produção sejam controladas automaticamente por unidades computacionais (VERMULM, 2018). Com os equipamentos inteligentes haverá redução de custo no consumo de energia em diferentes momentos da produção (DRATH; HORCH, 2014).

Justiça-se também o desenvolvimento deste trabalho visto a identificação de uma oportunidade, pois os modelos analisados na revisão sistemática da literatura apresentados neste trabalho foram elaborados sob a ótica dos países desenvolvidos, os quais, sabe-se existir uma realidade diferentes de países em desenvolvimento como o Brasil (PIRES, 2014). Segundo Furtado e Carvalho (2005), no caso do Brasil, um país em desenvolvimento, observa-se um menor nível médio de esforço tecnológico e um comportamento muito mais homogêneo entre os setores do que em países desenvolvidos.

A pesquisa justifica-se também pela relevância no contexto industrial e tecnológico, apresentando contribuições teóricas e práticas. A contribuição teórica está relacionada à investigação da maturidade em relação à Indústria 4.0 no contexto de economias emergentes, as quais pressupõe-se apresentar barreiras maiores ou que não existem em países onde o novo paradigma manufatureiro está em estágios mais avançados. É importante entender e identificar os impactos que influenciarão os diversos setores industriais, quais serão beneficiados, quais necessitarão de ajustes ou se algum poderá desaparecer; ou como ficará a mão de obra e os custos de produção (FIRJAN, 2016).

Por fim, vale ressaltar que este estudo acontecerá em um país que faz parte do BRICS, bloco econômico formado pelos países: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, que hoje representam aproximadamente 40% da população mundial total, mais de 25% da área terrestre e quase 25% do PIB mundial (PATRA; MUCHIE, 2017). Para estes autores, nos próximos 50 anos, as economias BRICS serão um fator determinante da economia global e que em 2040 será maior do que o G6 - grupo de seis estados membros da União Europeia: França, Alemanha, Itália, Polônia, Espanha e Reino Unido (PATRA; MUCHIE, 2017).

1.4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A seguir serão apresentadas as secções que abordam o enquadramento metodológico da pesquisa, bem como as etapas utilizadas para seu desenvolvimento.

1.4.1 Enquadramento Metodológico

Esta pesquisa caracteriza-se, do ponto de vista dos objetivos, como uma pesquisa descritiva, pois tem como finalidade identificar e descrever o nível de maturidade das indústrias no que se refere ao movimento da Indústria 4.0. Segundo Gil (2010) uma pesquisa descritiva possui a intenção de identificar comportamentos e características de determinada população de modo a descrevê-las e por uma análise estabelecer relação entre as variáveis dos resultados obtidos.

A pesquisa classifica-se também como um estudo de caso, já que este tipo de pesquisa, segundo Miguel (2011), analisa profundamente um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e presença da interação entre pesquisador e objeto de pesquisa.

Quanto à abordagem do problema, esta pesquisa se classifica como qualitativa, pois segundo Creswell (2007) “emprega diferentes concepções filosóficas, estratégias de investigação, métodos de coleta, análise e interpretação dos dados”. Para Miguel (2011) a característica distintiva da metodologia qualitativa, em contraste com a pesquisa quantitativa, é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado.

1.4.2 Etapas da Pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho foi operacionalizado em três etapas: “Revisão Sistemática da Literatura”, “Desenvolvimento do Modelo de Maturidade” e “Entrevistas e Ajustes”. A Figura 1 ilustra as etapas da pesquisa e na sequência é descrito o que será apresentado em cada uma das etapas. O detalhamento de como foi desenvolvido cada uma das etapas é apresentado no capítulo 3.



Figura 1. Etapas da Pesquisa

A primeira etapa, nomeada “Revisão Sistemática da Literatura” tem como objetivo apresentar a seleção das obras utilizadas na revisão sistemática da literatura. Nesta etapa são definidas as palavras-chaves que foram utilizadas como termo de pesquisa em bases de conhecimento. Os esforços desta etapa ajudaram a construir o capítulo de fundamentação teórica (capítulo 2) que serviu de insumo para a construção do modelo de maturidade.

A próxima etapa é o “Desenvolvimento do Modelo de Maturidade”. Nesta etapa são apresentados os critérios utilizados na definição das dimensões, bem como os níveis de maturidade identificados. Por fim, é descrito como foi construído o instrumento de avaliação do nível de maturidade em relação as práticas da Indústria 4.0.

Com relação à última etapa metodológica tem-se “Entrevistas e Ajustes”. Esta etapa apresenta os resultados obtidos com a aplicação do instrumento de investigação do nível de maturidade e os ajustes que foram necessários ser feitos no modelo. Os resultados obtidos em cada uma das etapas serão apresentados no capítulo 4 deste trabalho.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação da pesquisa está relacionada com a aplicação do estudo de caso, que ocorreu apenas em uma empresa de médio porte, que fabrica de ração animal e está localizada na região sudoeste do estado do Paraná. Isto remete que a pesquisa, embora tenha foco em países em desenvolvimento, estará focada no contexto nacional em sua aplicação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica inicia com o tema história da Indústria para apresentar uma linha do tempo abordando as “revoluções industriais”, contextualizando o atual fenômeno identificado como Indústria 4.0. Em seguida, apresenta para o leitor o cenário atual manufatureiro, bem como abordando o conceito de Indústria 4.0. Finaliza-se este capítulo abordando-se os modelos de maturidade investigados durante a revisão sistemática da literatura.

2.1 A HISTÓRIA DA INDÚSTRIA

A primeira revolução industrial ocorreu por volta de 1760 e 1840 (Figura 2.a) na Inglaterra (KNOEDLER, 1998). Durante este período, a indústria têxtil foi a que mais se destacou, pois aproveitou todas as inovações tecnológicas que foram inseridas no processo produtivo, tais como máquina à vapor, tear mecânico e uso de produtos químicos (WHITE, 2016).

Nos Estados Unidos, por volta de 1840 (Figura 2.b) tem início um período marcado pela inovação no transporte, na comunicação e na disponibilidade da energia elétrica dentro da fábrica (JENSEN, 1993). O uso da linha de montagem e divisão de trabalho permitiu a produção em massa aumentando consideravelmente a taxa de eficiência (ARMES *et al.*, 2015). A indústria automobilística foi a que mais se destacou, especificamente a *Ford Motor Company* que, através de uma estrutura verticalizada, permitiu controlar cada fase da cadeia de suprimentos.

Por fim, num terceiro período, iniciado em 1950 (Figura 2.c) toma lugar a introdução da eletrônica e tecnologia da informação no processo de produção (PRADO, 2010). Com o uso destas tecnologias, os processos de fabricação foram melhorados, pois permitiu-se que os processos fossem assistidos por computadores, automatizando vários processos e, garantindo assim, produtos com melhor qualidade (ARMES *et al.*, 2015).



Figura 2. Linha do Tempo da Evolução da Indústria

Fonte: (ROSER, 2017)

Antes da primeira revolução industrial, todos os modelos econômicos tinham como objetivo apoiar o abastecimento do mercado local. Conforme os eventos acontecem (Figura 2), este mercado foi ampliando e com isto foi possível atender também o mercado externo. No final da segunda revolução industrial, com o intuito de tirar proveito da redução de custo aliado e da busca de novos mercados, corporações industriais começaram a mudar a produção para países com um menor custo. Isto expandiu-se quando na terceira revolução industrial começou-se a usar a comunicação e os computadores para compartilhar informação e coordenar a produção de forma global (GREENWOOD, 1999). Foi neste período que surgiu a internet, a qual promoveu um novo meio de comunicação e acelerou o comércio internacional.

A Indústria 4.0 é um movimento nas organizações manufatureiras que utiliza a interconectividade do mundo físico e do virtual promovendo além da integração horizontal, uma forte integração vertical dentro da indústria e em toda sua cadeia de valor. Esse fenômeno descreve a transição da produção centralizada para uma flexível e autocontrolada. Dentro desta forma de produção, os produtos e todos os sistemas afetados, bem como todas as etapas do processo da engenharia, são

digitalizados e interligados para compartilhar e passar informações e distribuí-lo ao longo das cadeias de valores verticais e horizontais (LEYH, CHRISTIAN *et al.*, 2016).

Esta abordagem integra computadores e robótica na fabricação, dando origem a digitalização e automação de processos de fabricação (OOI *et al.*, 2018). Para se fazer parte do movimento da Indústria 4.0, as empresas precisam transformar seu modelo de negócio através da digitalização e soluções inteligentes. Para isto, os sistemas industriais precisam adotar sistemas complexos que permitam a integração por intermédio da digitalização, uso de estrutura flexível e estratégias utilizando métodos de inteligência artificial (HAJRIZI, 2016).

2.2 INDÚSTRIA 4.0

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em 2011 na feira de Hanover, na Alemanha, e era o prenúncio que a Quarta Revolução havia chegado (DRATH; HORCH, 2014). Visando a liderança em inovação tecnológica e para aumentar a competitividade do país, o governo federal alemão apoiou a ideia e anunciou que a Indústria 4.0 será parte integrante de sua iniciativa “Estratégia de alta tecnologia 2020 para a Alemanha”.

O grupo de trabalho “*Industrie 4.0*”, formado posteriormente, desenvolveu as primeiras recomendações para implementação, que foram publicadas em abril de 2013 (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Nesta publicação, os autores descrevem sua visão da Indústria 4.0 da seguinte forma:

“No futuro, as empresas estabelecerão redes globais que incorporarão suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção na forma de Sistemas Ciber-Físicos (*Cyber-Physical System* – CPS). No ambiente de fabricação, esses sistemas compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção capazes de trocar informações de forma autônoma, acionando ações e controlando-se umas às outras independentemente. Isso facilita melhorias fundamentais nos processos industriais envolvidos na fabricação, engenharia, uso de material e cadeia de suprimentos e gerenciamento do ciclo de vida. As fábricas inteligentes que já estão começando a aparecer, empregam uma abordagem completamente nova para a produção. Os produtos inteligentes são exclusivamente identificáveis, podem estar localizados em todos os momentos e conhecer seu próprio histórico, status atual e rotas alternativas para alcançar seu estado de destino. Os sistemas de manufatura incorporados são conectados verticalmente com processos de negócios dentro de fábricas e empresas e conectados horizontalmente a redes de valor dispersas que podem ser gerenciadas em tempo real - desde o momento em que um pedido é colocado até a logística de saída” (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013, p.05).

Na América do Norte, ideias semelhantes foram criadas pela *General Electric* sob o nome *Industrial Internet*. A base técnica é muito semelhante à da Indústria 4.0, mas a aplicação é mais ampla do que apenas na produção industrial, pois inclui também, por exemplo, redes elétricas inteligentes (EVANS; ANNUNZIATA; ANNUNZIATA, 2012; LEBER, 2012).

O governo dos EUA apoia atividades de pesquisa e desenvolvimento na área da *Internet Industrial* com um fundo de 2 bilhões de dólares (STEERING COMMITTEE OF THE ADVANCED MANUFACTURING PARTNERSHIP 2.0, 2014). Outras ideias similares podem ser encontradas sob os termos *Integrated Industry* (Bürger & Tragl, 2014 *apud* HERMANN, M.; PENTEK, 2015, p. 6) e *Smart Industry* ou *Smart Manufacturing* (DAVIS *et al.*, 2012; HAJRIZI, 2016; WIESMÜLLER, 2014).

A Indústria 4.0 não é apenas algo relacionado à era digital e a melhoria de processos, é também sobre o desenvolvimento de novas formas de trabalho, novos negócios. É uma revolução impulsionada pela internet, onde a digitalização irá atingir todo o tipo de indústrias e será a base para o futuro da competitividade (SANTOS, 2017).

O foco principal da Indústria 4.0 é para as fábricas do futuro, a rede vertical do sistema de produção inteligente permite que cada planta industrial reaja rapidamente à níveis de estoque ou demanda de mercado e minimize erros de produção (DELOITTE, 2015). Ao conectar recursos, materiais e controle do sistema, é possível criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor, que podem aumentar a qualidade das decisões em tempo real e controlar umas às outras de forma autônoma (HAJRIZI, 2016).

A Indústria 4.0 exige que as soluções de automação sejam altamente cognitivas e altamente autônomas. Para isto acontecer, é preciso introduzir tecnologias avançadas que permitam de aumentar a autonomia para acelerar a individualização e a flexibilidade (HAMIDI *et al.*, 2018).

2.2.1 Tecnologias da Indústria 4.0

Segundo Vermulm (2018, p.4) a Indústria 4.0 é resultado da “incorporação e do desenvolvimento de um conjunto de tecnologias de base digital”. Esse conjunto pode variar na percepção de diferentes analistas, todavia entre as tecnologias mais relevantes podem ser citadas as seguintes:

- **Sensores e Atuadores:** os sensores são dispositivos capazes de coletar dados para análises em tempo real sobre variáveis físicas ou químicas de um ambiente produtivo (TONI, 2017). Por exemplo, identificam e registram informações sobre o aumento da eficiência energética de máquinas e de sistemas de produção completos. Essas informações são processadas por controladores que acompanham e gerenciam a produção (VERMULM, 2018). Os atuadores são dispositivos capazes de gerar uma ação, de comandar um movimento, e dessa forma atuam no processo de produção (LITTLE, 2017). Tanto os sensores e os atuadores estão na base de processos de automação industrial (GÖKALP, EBRU; ŞENER; EREN, 2017).
- **Internet das Coisas (IoT):** O crescimento exponencial dos dados está sendo impulsionado pela proliferação de dispositivos que podem se comunicar com outros dispositivos, também chamados de Internet das Coisas (HAMIDI *et al.*, 2018). A IoT auxilia a criação de fábricas inteligentes que governam a mobilidade inteligente, a logística inteligente, o produto inteligente, a rede inteligente e os edifícios inteligentes (WESTMORELAND, 2016).
- **Big Data:** É definido como grandes quantidades de dados sobre a manufatura que podem ser obtidos de diversas fontes, como os equipamentos de produção, sistemas de gestão de empresas e clientes, analisados e, assim, utilizados para a tomada de decisão em tempo real (PEREIRA; SIMONETTO, 2018). Big data é essencial para analisar e agregar dados do setor para novas oportunidades de crescimento de negócios (MCGUIRE; MANYIKA; CHUI, 2012). Segundo Davies (2015) ao usar a análise avançada nos programas de manutenção preditiva, as empresas de produção podem evitar falhas da máquina na fábrica, reduzir o tempo de inatividade em cerca de 50% e aumentar a produção em 20%.
- **Computação em Nuvem:** A computação em nuvem evoluiu através dos recentes avanços em hardware, tecnologia de virtualização, computação distribuída e prestação de serviços pela Internet (OLIVEIRA; THOMAS; ESPADANAL, 2014). A metáfora “nuvem” é uma

referência à disponibilidade e acessibilidade onipresentes aos recursos de computação por meio das tecnologias da Internet (SULTAN, 2010). As soluções baseadas na nuvem proporcionam às empresas e aos usuários acesso fácil a um poder de computação massivo a custos insignificantes (WU; LAN; LEE, 2011). Ao mover as funções de Tecnologia da Informação (TI), como armazenamento, aplicativos de negócios e serviços para a nuvem, as organizações têm o potencial de reduzir o custo total de TI (MARSTON *et al.*, 2011; WU; LAN; LEE, 2011).

- **Inteligência Artificial:** é área da computação que permite que máquinas tomem decisão autonomamente (SEEBÖ, 2017). Para tanto é necessário dispor de grandes bases de dados, capacidade de processamento de informações e computação em nuvem. A inteligência artificial viabiliza que produtos e processos produtivos tomem decisões sem a interferência humana (VERMULM, 2018).
- **Tecnologias de Comunicação Sem Fio:** São tecnologias que permitem grande mobilidade dos agentes dos processos produtivos, permitindo tanto a comunicação intraplanta industrial, como corporativa, integrando diferentes sites da empresa, como extrafirma, ao possibilitar a comunicação entre empresas (VERMULM, 2018). Comunicação sem fio são sistemas constituídos por equipamentos, dispositivos, componentes e por softwares que viabilizam a comunicação de dados sem fio (AGARWAL, 2015).
- **Sistemas Integrados de Gestão:** De acordo com Hortensius (2013) são diferentes softwares de gestão que integram diferentes atividades de uma unidade industrial, ou que aumentam a eficiência da gestão produtiva, comercial ou financeira da empresa, ou que integram diferentes unidades produtivas de uma mesma corporação.
- **Robótica:** Robô industrial é definido como um "manipulador multifuncional reprogramável projetado para movimentar materiais, partes, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados, para o desempenho de uma variedade de tarefas" (RIVIN, 1987). Os robôs industriais têm sido muito utilizados nos processos de automação programável e flexível, pois são essencialmente máquinas

capazes de realizar os mais diversos movimentos programados, adaptando-se às necessidades operacionais de determinadas tarefas e empregando garras e/ou ferramentas oportunamente selecionadas (ROMANO; DUTRA, 2011).

- **Manufatura Aditiva:** Devido algumas necessidades de customização promovidas pela Indústria 4.0, métodos de fabricação não tradicionais são necessários para serem desenvolvidos. Assim, a Manufatura Aditiva pode se tornar uma tecnologia-chave para fabricar produtos customizados devido à sua capacidade de criar objetos sofisticados com vários tipos de materiais através da impressão 3D (DILBEROGLU *et al.*, 2017).
- **Novos Materiais:** há nova geração de materiais que podem ser nano estruturados ou não, que possuem aplicações diversas e que estão contribuindo para o desenvolvimento das tecnologias apontadas acima (VERMULM, 2018). É o caso de novos materiais desenvolvidos para aplicações eletrônicas que estão viabilizando aumento da capacidade de processamento e de armazenamento de dados com baixos custos relativos (DILBEROGLU *et al.*, 2017).

A Indústria resulta da aplicação de várias tecnologias, que se integram para a gerar soluções específicas segunda as prioridades e processos de cada empresa. Não necessariamente todas as tecnologias precisam ser empregadas no processo industrial, assim como a forma a qual a tecnologia é adotada pode variar de ambiente para ambiente ou problema para problema (VERMULM, 2018).

Basicamente, a introdução das tecnologias da Internet na indústria forma a base tecnológica para a Indústria 4.0, isto não significa que estas tecnologias foram desenvolvidas para atender esta demanda: a maioria delas já existiam há algum tempo e elas são utilizadas em outras aplicações (DRATH; HORCH, 2014).

A Indústria 4.0 está intimamente relacionada a ambientes Ciber-Físicos que, segundo (FIRJAN, 2016), são sistemas que permitem a conexão de operações reais com infraestruturas de computação e comunicação automatizada. Em outras palavras, são sistemas que permitem a fusão dos mundos físico e virtual, através de computadores embarcados e redes que controlam os processos físicos gerando respostas instantâneas (HERMANN, M.; PENTTEK, 2015).

CPS é o resultado da evolução tecnológica dos computadores, dos sensores, e das tecnologias de comunicação, que ao evoluírem no sentido de maior agilidade, capacidade de processamento e preços cada vez mais acessíveis tem permitido a sua conjugação de forma efetiva e em tempo real (COELHO, 2016).

Nas fábricas inteligentes, os CPS serão empregados nos sistemas produtivos gerando significativos ganhos de eficiência, tempo, recursos e custos, se comparado às fábricas tradicionais (GERMANY TRADE AND INVEST, 2013). Os produtos, máquinas e linhas de montagem comunicarão entre si, trabalharão em conjunto e se monitorarão, independentemente do local, com informações trocadas de forma instantânea (LINS, 2015).

Novas gerações de produtos surgirão com a maior difusão de sensores e atuadores nos produtos e com a utilização da inteligência artificial; ou seja, os produtos serão mais conectados. Isto vale tanto para os bens de consumo como para os bens de capital (VERMULM, 2018).

De uma forma geral, as mudanças propostas pela Indústria 4,0 irão gerar redução de custos de produção, maior flexibilidade dos processos produtivos, aceleração do ritmo de desenvolvimento tecnológico, seja de produtos ou de processos produtivos ou ainda de novas gerações de produtos e novos modelos de negócio (FIRJAN, 2016; MARSH, 2013; VERMULM, 2018).

2.3 CENÁRIO ATUAL DA MANUFATURA GLOBAL

A pressão que os cenários globais estão imprimindo sobre os sistemas produtivos atuais estão fazendo com que as empresas repensem sobre suas práticas produtivas (ARMES *et al.*, 2015). Regulamentos criados pelos governos para a reduzir as emissões e carbono, forçam as empresas a adaptarem suas formas de operação (EEF, 2015).

As manufaturas de produtos de forma global deixarão de ser atraentes na próxima década, pois as mudanças das regulamentações, das tecnologias e custo de produção impactam diretamente na economia da produção. Devido a isto, a produção em larga escala e de forma global deve ser substituída por modelos econômicos mais viáveis, como a produção local ou regional. Assim, a tendência é que a produção

ocorra na região em que os produtos serão utilizados, ao invés de produzir um produto de um lado do mundo para ser vendido em países distantes (LIVESEY; THOMPSON, 2013). Isto significa que, a longo prazo, muitas empresas reduzirão o volume de suas exportações. Ao invés disso, eles estarão produzindo no país consumidor ou muito perto deles (MARSH, 2013).

A Figura 3 resume estas mudanças, descrevendo a relação de quão longe está o usuário final do bem produzido (eixo X) e o volume de produção (eixo Y). Nela é possível perceber que poucos produtos serão feitos em altos volumes em uma cadeia global de produção. O verdadeiro impacto que, a longo prazo, isto vai causar é que as discussões estarão mais voltadas à “reestruturação do negócio, investimento e propriedade de novos mercados do que balança comercial, *offshoring* ou *reshoring*” (MARSH, 2013).

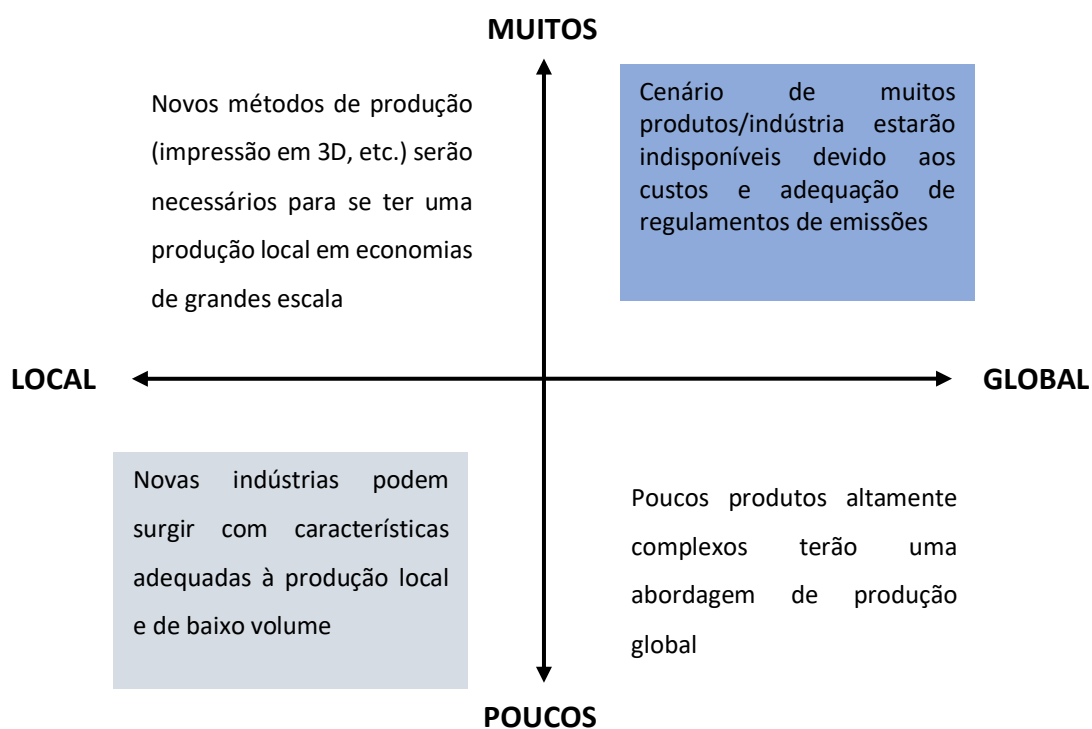


Figura 3. Opções a longo prazo o volume de produção e o âmbito de fabricação

Fonte: Marsh, 2013

Entende-se que é possível que alguns subconjuntos ainda possam ser produzidos à distância com montagem e personalização localmente. Essas mudanças no processo produtivo estão sendo impulsionadas, principalmente, por avanços tecnológicos que estão sendo empregados em várias áreas da cadeia produtiva.

Devido a estas tecnologias e o potencial que elas têm em mudar os cenários que estão inseridas, muitos acreditam que estamos entrando em um quarto período da revolução industrial, denominado Indústria 4.0 (ARMES *et al.*, 2015).

2.3.1 PME's no Contexto da Indústria 4.0

Diante do que foi exposto até o momento, o objetivo da adoção da Indústria 4.0 é otimizar um sistema de produção com a ajuda de um conjunto de práticas digitais, tecnologias e outros fatores que suportam as operações de uma empresa industrial (HAMIDI *et al.*, 2018). A escolha de práticas, tecnologias e fatores capacitores que podem ser implantados em uma empresa de manufatura dependerá do grau de digitalização de seu setor industrial e/ou convicção de buscar esta nova vantagem competitiva promovida pela Indústria 4.0 (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018b).

Nesse sentido, é importante enfatizar que o desenvolvimento de práticas da Indústria 4.0 representa tanto um desafio tecnológico quanto gerencial (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016). Contudo, a literatura científica tenha sugerido várias avaliações, estruturas, modelos de maturidade e roteiros para apoiar a transformação digital de empresas de manufatura no desenvolvimento de capacidades para a Indústria 4.0, há uma carência de métodos, ferramentas e sistemas de apoio para Pequenas e Médias Empresas (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018b).

As PME's, especialmente aquelas no setor fabril, sempre foram consideradas como a espinha dorsal da economia para países desenvolvidos e em desenvolvimento (HUSIN; IBRAHIM, 2014; SCHIERSCH, 2009). No entanto, sua perspectiva nem sempre foi levada em conta quando se trata de enquadrar políticas apropriadas da Indústria 4.0 (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a).

Da mesma forma, é o caso das diretrizes das iniciativas de produção inteligente em países como os Estados Unidos e Alemanha onde faltam orientações específicas para PME's (BALASINGHAM, 2016). Ao não considerar a perspectiva das PME's, seu crescimento confinado pode ter efeitos adversos sobre o crescimento geral da economia e a criação de verdadeiras cadeias de valor globais inteligentes (PERESHYBKINA *et al.*, 2017).

São necessários grandes investimentos para que as empresas possam adotar a Indústria 4.0; na Alemanha, por exemplo, prevê-se que sejam investidos 40 milhões de Euros até 2020 (SCHRAUF; BERTTRAM, 2016). Esses investimentos podem ser particularmente assustadores para as PME's, que temem a transição para o digital, porque não conseguem acessar como isso afetará suas cadeias de valor (DAVIES, 2015).

Até agora, a adoção foi cautelosa: mesmo na Alemanha (berço da Indústria 4.0), apenas uma em cada cinco empresas utilizam sistemas digitais interconectados para controlar seus processos de produção, embora quase metade pretenda fazê-lo (ULRICH, 2014). Alguns críticos dizem que os sistemas são muito caros, pouco confiáveis e superdimensionados e que a abordagem do Indústria 4.0 está sendo conduzida em grande parte pelos produtores de equipamentos e não pela demanda dos clientes (HYLAND, 2013).

Para viabilizar a promoção das PME's da Europa no mercado mundial a União Europeia (UE) apoiou uma ação, no período de 2008 a 2014, centrada na utilização "inteligente" de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para agregação de valor na cadeia digital. Até 2020 o principal programa de pesquisa industrial deles, chamado de *Horizon 2020*, investirá quase 80 bilhões de Euros em pesquisa e inovação, incluindo apoio ao desenvolvimento de tecnologias facilitadas para implantação da Indústria 4.0 (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

No Brasil, algumas das inovações relacionadas a essa revolução industrial já são uma realidade em diversas plantas industriais brasileiras. Mas é preciso avançar mais e concentrar energias em um programa de políticas públicas, para garantir o volume necessário e a priorização do investimento, para aumentar a capacidade de absorção e a geração de tecnologias pela indústria nacional (TONI, 2017). Ainda, pela importância do tema para o futuro do país, essa instância de articulação institucional deve ser criada diretamente ligada à Presidência da República. Iniciativas desse porte serão apenas simbólicas se não forem dotadas de representatividade e legitimidade e marcadas pela transparência (TONI, 2017).

Algumas ferramentas podem ajudar as PME's de manufatura a aumentar suas capacidades de aderência das práticas da Indústria 4.0 (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018b). Através da criação do modelo de maturidade é proposto

uma abordagem para melhorar os processos de uma organização, incluindo a gestão do processo de negócio (HAMIDI *et al.*, 2018). O atual nível de maturidade de uma organização representa seus recursos em relação a uma classe específica de objetos e domínio de aplicativo e medi-lo permite avaliar situações reais para orientar iniciativas de melhoria (ROSEMAN; BRUIN, 2005).

Os modelos de maturidade são capazes de identificar um conjunto de “condições em que os objetos examinados alcançam o melhor estado (perfeito) para o seu propósito pretendido” (WENDLER, 2012). As dimensões organizacionais e os níveis de maturidade das grandes empresas precisam ser alterados para refletir os diferentes requisitos das PME's (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a).

Desta forma, é importante mensurar o nível de maturidade de uma PME de manufatura com um instrumento próprio para este tamanho de organização, respeitando estes requisitos uma vez que a literatura apresenta modelos de maturidade para a Indústria 4.0 para grandes empresas, como será visto na seção a seguir.

2.4 MODELOS DE MATURIDADE PARA INDÚSTRIA 4.0

O termo maturidade refere-se a algo em estado de completo ou que se encontra no último estágio do seu desenvolvimento (DICIO, 2017). Portanto, quando se refere à maturidade de um sistema, como por exemplo, organizacional, tecnológico ou biológico entende-se que existe um aumento de suas capacidades ao longo do tempo em relação à conquista de algum futuro desejável (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016).

Os modelos de maturidade são comumente usados como um instrumento para conceituar e avaliar a maturidade de uma organização ou um processo em relação a um determinado aspecto. Os modelos de maturidade são instrumentos populares usados, por exemplo, para classificar as capacidades dos elementos de amadurecimento e selecionar as ações apropriadas para levar tais elementos a um nível de maturidade mais alto (KOHLEGGER; MAIER; THALMANN, 2009).

A importância de uma estrutura de desenvolvimento padrão é enfatizada quando se considera a finalidade para a qual um modelo pode ser aplicado, incluindo

se a avaliação da maturidade resultante é descritiva, prescritiva ou comparativa (BRUIN *et al.*, 2005). Segundo o autor, um modelo Descritivo apenas permite identificar o nível que a organização se encontra sem propor melhorias para aumentar o nível de maturidade. Já o modelo Prescritivo indica a forma para alcançar os próximos níveis de maturidade ao estabelecer um roteiro para melhorias.

Por fim, o modelo comparativo é capaz de comparar as práticas semelhantes nas organizações, a fim de obter referência de maturidade dentro de indústrias diferentes. Para utilizar um modelo comparativo ele deve ser aplicado numa grande variedade de organizações, a fim de atingir os dados suficientes para que a comparação seja válida (BRUIN *et al.*, 2005).

No domínio da produção, segundo Schumacher *et al.* (2016), foram desenvolvidos importantes modelos de maturidade, tais como: modelo de maturidade de gerenciamento de energia para o processo de fabricação sustentável (NGAI *et al.*, 2013), modelo de maturidade para apoiar a concepção e fabricação de produtos ecológicos (PIGOSSO; ROZENFELD; MCALOONE, 2013) ou modelo de maturidade para fabricação enxuta (ALI MAASOUMAN; DEMIRLI, 2015). Já no domínio da Indústria 4.0, como mostra o Quadro 1, foram publicados os seguintes modelos de maturidade para Indústria 4.0

Modelo	Fonte	Nome do Modelo	Descrição do Modelo
M1	(GANZARAIN, JAIONE; ERRASTI, 2016)	<i>Three Stage Maturity Model</i>	Modelo de processo de três estágios com uma escala de nível de maturidade de cinco níveis. Este modelo foi construído especificamente para que PMEs possam identificar novas oportunidades de negócio dentro do tema Indústria 4.0.
M2	(SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016)	<i>Industry 4.0 Maturity Model</i>	Modelo com nove dimensões e com 62 itens atribuídos para avaliar a maturidade da Indústria 4.0. Utiliza a escala de Likert para determinar o nível de maturidade em cada dimensão. O modelo foi desenvolvido utilizando uma abordagem multi-metodológica, incluindo uma revisão sistemática da literatura, modelagem conceitual e métodos qualitativos e quantitativos para validação empírica. Esta validação ocorreu em uma empresa com, aproximadamente, 400 funcionários.

M3	(TONELLI <i>et al.</i> , 2016)	<i>MVMM - Manufacturing Value Modeling Methodology</i>	Modelo é baseado em cinco etapas: Mapa de Valor, Modelo de Maturidade, Gap e Análise de Processo, Definição de Áreas de Validação e Melhoria. Este modelo não apenas determina o nível de maturidade como constrói um roteiro de intervenções que determina quais atividades precisam ser melhoradas. O modelo utiliza uma abordagem estruturada com o objetivo de divulgar os pontos fortes/fracos, metas, objetivos e perspectivas futuras do negócio. A metodologia relacionada tem como objetivo ter uma visão clara da empresa tanto a nível estratégico quanto operacional.
M4	(JÆGER; HALSE, 2017)	<i>IoT Technological Maturity Model</i>	Modelo baseado em oito níveis de maturidade, onde o primeiro nível é considerado indústria 3.0 e o ultimo nível indústria 4.0. O modelo foi aplicado em quatro grandes empresas onde três dessas empresas possuíam uma pontuação correspondente ao nível três, na escala de maturidade, enquanto uma das empresas atingiu o nível quatro em oito níveis.
M5	(DE CAROLIS, ANNA <i>et al.</i> , 2017)	<i>DREAMY - Digital Readiness Assessment Maturity Model</i>	O modelo utiliza as dimensões cinco dimensões: <i>design</i> e engenharia, gerenciamento de produção, gerenciamento de qualidade, gerenciamento de manutenção e gerenciamento de logística para determinar a descrição normativa das práticas em cada área. Utiliza um método de pontuação para avaliação de maturidade, a fim de identificar as criticidades na implementação da transformação digital e posteriormente impulsionar a melhoria de todo o sistema.
M6	(KRAVČÍK; ULLRICH; IGEL, 2017)	<i>ADAPTION - Migration to the Cyberphysical Production System</i>	O modelo inclui diretrizes de avaliação para as dimensões da tecnologia, organização e pessoas (T-O-P), divididos em 8 categorias e 44 critérios.

M7	(LEYH, CHRISTIAN <i>et al.</i> , 2017)	<i>SIMMI 4.0 - System Integration Maturity Model Industry 4.0</i>	Este modelo que utiliza quatro dimensões: Integração Vertical, Integração Horizontal, Desenvolvimento de Produtos Digitais e Critérios de Tecnologia Transversal. Para cada dimensão é atribuído uma classificação que, ao final, determina o nível de maturidade da organização. Este nível é dividido em cinco estágios: <i>Basic Digitization Level, Cross-Departmental Digitization, Horizontal and Vertical Digitization, Full Digitization and Optimized Full Digitization</i> .
M8	(GÖKALP, EBRU; ŞENER; EREN, 2017)	<i>Industry 4.0-MM</i>	Modelo que utiliza cinco dimensões: Gestão de Ativos, Governança de Dados, Gestão de Aplicações, Processo de Transformação e Alinhamento Organizacional. O modelo é conduzido utilizando um passo-a-passo com o qual é possível estabelecer um dos seis níveis de capacidade: <i>Incomplete, Performed, Managed, Established, Predictable and Optimizing</i> .
M9	(SCHUH <i>et al.</i> , 2017)	<i>ACATECH</i>	Modelo utiliza as dimensões: Recursos, Sistemas de Informação, Estrutura Organizacional e Cultura. Considera os seguintes estágios de maturidade: Informatização, Conectividade, Visibilidade, Transparência, Capacidade Preditiva e Adaptabilidade.
M10	(COLLI <i>et al.</i> , 2018)	<i>360DMA - 360 Digital Maturity Assessment</i>	Modelo baseado no M9, porém utiliza o modelo <i>Problem Based Learning (PBL)</i> para tomada de decisão.
M11	(MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a)	<i>SM3E maturity model</i>	Modelo de três eixos: Dimensões Organizacionais (eixo X), Kit de Ferramentas (eixo Y), e o nível de maturidade é representado pelo eixo Z.

Quadro 1. Modelos de maturidade para a Indústria 4.0

De forma geral, todos os modelos apresentados (Quadro 1) utilizam dimensões como critérios e escalas para determinar o nível de aptidão em cada dimensão acerca da aderência à Indústria 4.0. Baseado nas premissas de cada modelo, quatro ações na avaliação de maturidade são importantes:

- Identificar oportunidades de negócio: O modelo M1 auxilia a investigar oportunidades para a diversificação de negócios dentro das áreas da Indústria 4.0. Este modelo possui três dimensões: *Vision, Roadmap e Projects* e o nível de maturidade é dividido em cinco níveis: *Initial, Managed, Defined, Transform and Detailed*. O artigo não apresenta nenhum detalhamento sobre os critérios utilizados para a definição do nível de maturidade, da mesma forma que não apresenta as dificuldades encontradas e proposições futuras.
- Definir quais tecnologias devem ser adotadas: O modelo M4 e o M6 tem em sua proposta o auxílio na escolha das tecnologias que serão adotadas. Enquanto o primeiro é totalmente limitado à IoT e todos seus esforços são voltados para a infraestrutura, o segundo modelo considera os objetivos da organização e a capacidade dos recursos humanos. O modelo de maturidade M6 não está finalizado então não apresenta nenhum detalhe sobre a avaliação e sua performance. Já o artigo que apresenta o modelo M4, descreve os procedimentos de aplicação do modelo bem como os resultados de sucesso em instituições em que ele foi testado.
- Propor melhorias para a organização ingressar na era da Indústria 4.0: Os modelos de maturidades M3, M5 e M9 permitem, além de medir o nível de maturidade de uma organização, construir um roteiro de intervenção que permite determinar quais atividades precisam ser melhoradas. Todos modelos se preocupam em identificar as criticidades na implementação da transformação digital e posteriormente impulsionar a melhoria de todo o sistema. Nos três trabalhos é possível identificar como deve-se conduzir todo o processo, bem como as diretrizes utilizadas para mensurar o nível de maturidade da organização. Ao final do processo, estes modelos interveem, propondo melhorias as operações da organização. O modelo M9 foi citado em quatro dos artigos selecionados na construção do portfólio bibliográfico, inclusive serviu de base para a construção do modelo M10;
- Identificar o nível de maturidade da organização: Os modelos M2, M7, M8, M10 e M11 são apresentados como modelos empiricamente fundamentados e construídos com base em revisão sistemática da literatura. O modelo M2 avalia 62 itens, distribuídos em nove dimensões e se apresentou bastante versátil em

diferentes tipos de organizações. Dos modelos de maturidades avaliados, este apresenta o maior número de citações na base Scopus (sete citações). O modelo M7, também bastante citado (quatro citações), utiliza cinco dimensões para determinar o nível de maturidade de uma organização. O M10 é um modelo que utiliza uma outra abordagem do M9: utiliza o modelo PBL para tratar especificidades em uma avaliação, uma vez que, segundo os autores, “cada caso é único e deve ser abordado com base no contexto, através de uma interação ativa com o ambiente do caso” (COLLI *et al.*, 2018). O modelo M8 é muito próximo do M2 e tem, como fundamento, diretrizes parecidas. No Quadro 2, são apresentados os modelos identificados pelos autores do M8, porém não indexados na base Scopus por se tratarem de modelos criados por empresas de consultoria (M8.b e M8.c), fundações (M8.a) e empresa privada que fornece produtos para outras indústrias (M8.d).

Modelo	Fonte	Modelo/Nome pesquisa	Níveis de Maturidade	Dimensões
M8.a	(LICHTBLAU <i>et al.</i> , 2015)	IMPULS – <i>Industrie 4.0 readiness</i>	6 níveis de maturidade (Outsiders; Iniciante; Intermediário; Com Experiência; Especialista; Alta Performance)	6 dimensões (Estratégia e organização, fábrica inteligente, operações inteligentes, produtos inteligentes, serviços orientados a dados e funcionários)
M8.b	(LANZA <i>et al.</i> , 2016)	<i>Empowered and implementation strategy for Industry 4.0</i>	Nenhuma informação fornecida sobre o MM	Nenhuma informação fornecida sobre o MM
M8.c	(SCHRAUF; BERTTRAM, 2016)	<i>Industry 4.0/digital operations self-assessment</i>	3 níveis de maturidade (6 dimensões (Modelos de negócios; Produto e

			Integrador vertical; Colaborador Horizontal; Campeão Digital)	serviço; Portfolio Market & Acesso a Clientes; Cadeias de valor e processos; Arquitetura de TI; Conformidade, Legal, Risco, Segurança e Imposto; Organização e Cultura)
M8.d	(ROCKWELLAUTOMATION, 2014)	<i>The connected enterprise maturity model</i>	5 níveis de maturidade (Avaliação; Controles de rede seguros e atualizados; Capital de dados de trabalho definido e organizado (WDC); Análise; Colaboração)	4 dimensões relacionadas à prontidão tecnológica. Como afirmado em (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016), nenhuma informação adicional é fornecida relacionada a dimensões de aspecto e ao processo de criação delas

Quadro 2. Modelos de maturidade não indexados em bases bibliográficas

Fonte: (GÖKALP, EBRU; ŞENER; EREN, 2017; SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016)

Os modelos listados no Quadro 2 são apresentados neste artigo por tratarem de modelos para a Indústria 4.0, porém não fazem parte dos artigos selecionados na revisão da literatura, pois não apresentam detalhamentos do processo de desenvolvimento, sobre sua estrutura e metodologia de avaliação. Apenas modelo M8.a apresenta detalhes sobre as dimensões, itens e a abordagem

de avaliação. O modelo é cientificamente bem fundamentado e sua estrutura e resultados são explicados de maneiras transparentes.

Com isto, esta dissertação propõe um modelo de maturidade que estenda dos modelos apresentados no Quadro 1, porém possuirá adaptações para ser utilizado por PMEs de países em desenvolvimento, uma vez que, diferente das indústrias de países desenvolvidos que possuem Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em 90% dos casos (VON ZEDTWITZ; GASSMANN, 2002), as indústrias dos países em desenvolvimento, especificamente indústrias brasileiras, têm como característica a falta de processos integrados que garantem a produção customizada e a dificuldade em desenvolver produtos inovadores (ESTÚDIO ABC, 2017).

No Brasil, apenas 16,7% das indústrias PMEs investem entre 3% e 5% de seu faturamento em P&D 31,7% reservam um percentual entre 1% e 3% (LOBO, 2015). Investir em inovação e em educação é uma das principais formas de reverter o cenário brasileiro, até mesmo para aumentar a compreensão do que é digitalização e Indústria 4.0 (ESTÚDIO ABC, 2017)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo é iniciado com a apresentação da unidade de pesquisa, do setor de produção de ração no Brasil, bem como a empresa selecionada para investigação. Na sequência, apresenta as etapas para elaboração da pesquisa em forma gráfica, detalhando cada uma das etapas criadas.

3.1 UNIDADE DE PESQUISA

O Brasil produziu em 2016 68,9 milhões de toneladas de ração animal, ficando atrás da China e EUA, os quais produziram, respectivamente, 187,20 milhões e 169,69 milhões de toneladas. A terceira posição na produção de ração animal, garantiu para o Brasil o título de maior produtor de ração animal da América Latina (ALLTECH, 2017).

A produção brasileira de ração animal atende os mercados de avicultura, suinocultura, bovinocultura, cães e gatos (pets) e aquicultura. No primeiro semestre de 2016 a produção brasileira de ração foi: 19,40 milhões de toneladas de ração para a avicultura, 7,95 milhões de toneladas para a suinocultura, 3,83 milhões de toneladas para a bovinocultura, 1,32 milhões de toneladas para Cães e Gatos e 0,57 milhões de toneladas para a aquicultura (SINDIRAÇÕES, 2017b).

Em 2017, houve uma queda na produção neste mesmo período, com exceção da avicultura que não mudou. Os números de 2017 foram: 7,7 milhões de toneladas para suinocultura, 3,65 milhões de toneladas para a bovinocultura, 1,3 milhões de toneladas para o mercado de Cães e Gatos e 0,54 milhões de toneladas para a aquicultura (SINDIRAÇÕES, 2017b).

Mesmo com a queda do preço de alguns insumos, como milho e farelo de soja, foi capaz de segurar a redução na produção de ração. Esse declínio foi reflexo dos impactos negativos causados pela má reputação da carne brasileira em meados de março de 2017. Na avicultura de corte, foram demandados 16,5 milhões de toneladas de ração, um recuo de 1,7% e relação ao ano anterior. Já para a produção de ração para avicultura de postura, houve um aumento de quase 10% graças ao consumo de ovos, que por ser considerado alimento nutritivo e de custo acessível,

substituiu boa parte da proteína animal tradicionalmente consumida pelo mercado (SINDIRAÇÕES, 2017a).

A operação “Carne Fraca” da polícia federal brasileira, impactou diretamente na demanda pelo mercado da suinicultura, que teve uma queda de 3,3% e da bovinocultura de corte, que recuou quase 8% no primeiro semestre. Esta queda foi menor na produção de ração para a bovinocultura leiteira, pois retrocedeu 3,4% em relação ao ano anterior (SINDIRAÇÕES, 2017b).

A produção de ração para o mercado de cães e gatos teve uma queda bem modesta, retrocedendo a 1.6%, porém esta foi provocada pela crise econômica que o país vem enfrentando. O mercado da aquicultura reduziu em 5% a produção de ração, porém a queda está mais relacionada à legislação sanitária empregada na região norte do país e pelas baixas temperaturas registradas na região Sudeste que impactaram na produção de ração para peixes (PORTAL BRASIL, 2017).

O estado do Paraná, aonde está localizada a empresa alvo deste trabalho, é o segundo maior produtor de ração de peixes do Brasil, produzindo 69,2 mil toneladas de ração no ano de 2016 (PORTAL BRASIL, 2017).

A empresa estudada, denominada Anhambi Alimentos, foi fundada em 1987, com a parceria entre um grupo de empresários do ramo da distribuição de rações e um corpo de especialistas com experiência técnica e gerencial na indústria de rações. A empresa iniciou suas atividades devido à vocação regional para a produção de grãos como milho e soja (ingredientes básicos na composição de ração) (ANHAMBI, 2015).

A empresa está localizada no Sudoeste do Paraná, com uma unidade em Itapejara D'Oeste e outra em Pato Branco e em 2017 teve um aumento de 19,5% na produção de ração de peixes, totalizando quase 11 mil toneladas de ração de peixe, representado 16% da produção do estado e 2% do mercado nacional.

Optou-se por esta empresa com unidade de pesquisa, uma vez que o pesquisador possui contatos que permitem acessar suas informações.

3.2 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DA PESQUISA

Como apresentado na Figura 1 da seção 1.4.2, foram utilizadas três etapas no desenvolvimento da pesquisa: Revisão Sistemática da Literatura, Desenvolvimento do Modelo de Maturidade e Entrevistas e Ajustes. Para detalhar as ações executadas em cada uma das etapas, optou-se por utilizar a notação *Business Process Modeling Notation* (BPMN) conforme Figura 4:

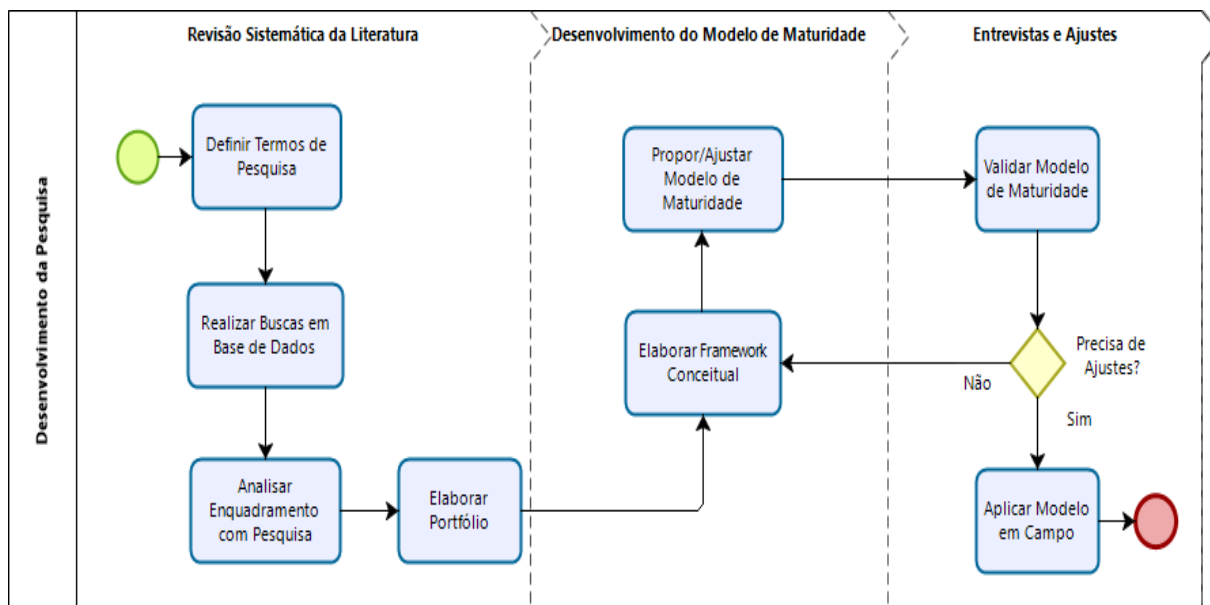


Figura 4. Atividades Executadas no Desenvolvimento da Pesquisa

3.2.1 Revisão Sistemática da Literatura

Sobre a “Revisão Sistemática da Literatura” esta etapa foi iniciada com a definição das palavras-chaves para serem utilizadas como termo de pesquisa. Os termos foram definidos a partir da combinação das palavras-chaves “*Industry 4.0*” e “*Maturity Model*” (37 encontrados), “*Smart Manufacturing*” e “*Maturity Model*” (12 encontrados), “*Industrial Internet*” e “*Maturity Model*” (9 encontrados) e, por fim, “*Smart Factory*” e “*Maturity Model*” (5 encontrados).

Como em países diferentes são utilizadas palavras diferentes para referencia-se à mesma coisa (fenômeno da quarta revolução industrial), optou-se por utilizar “*Industry 4.0*” que é a forma que é conhecida na Alemanha, “*Smart Manufacturing*” e “*Industrial Internet*” que é conhecida nos Estados Unidos e “*Smart Factory*” que é conhecida na Coréia do Sul e outros países orientais (EVANS; ANNUNZIATA; ANNUNZIATA, 2012; MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a).

Como o fenômeno “Indústria 4.0” não é abordado apenas em publicações científicas, as buscas ocorreram tanto em bases de dados bibliográficas, tais como: *Scopus* e ISI quanto no Google e Google Acadêmico. Nestes dois últimos buscou-se modelos de maturidade eventualmente criados por empresas de consultorias os quais, não necessariamente, seriam mencionados nos artigos pesquisados no levantamento bibliográfico. Foram encontrados modelos já citados nas obras de Gökalp *et al.* (2017), Schuh *et al.* (2017) e Colli *et al.* (2018) e adicional a estes, o modelo apresentado por Schrauf e Bertram (2016).

Já, nas buscas pelos termos em bases de dados bibliográficas, considerando publicações até agosto de 2018, foram encontrados 63 artigos e, como parte do primeiro filtro, os artigos duplicados foram eliminados restando 46 artigos únicos. Na sequência, partiu-se para a análise do enquadramento destas obras restantes com o contexto da pesquisa.

A condução desta atividade se deu pela análise das palavras-chaves, títulos e resumos dos artigos únicos antes de lê-los totalmente. Destes, apenas 34 estavam alinhados com o tema da pesquisa. Com a leitura total dos artigos, 11 foram considerados como parte do Portfólio Bibliográfico e estes são apresentados no Quadro 1. Como resultado de uma análise detalhada após a leitura completa dos estudos, foram agregadas nas referências mais quatro estudos que investigam a maturidade da Indústria 4.0 (Quadro 2).

3.2.2 Desenvolvimento do Modelo de Maturidade

Em geral, os modelos de maturidade determinam um caminho evolutivo, normalmente, adaptando-os até que um novo patamar de maturidade seja alcançado (JÆGER; HALSE, 2017). A fim de garantir o rigor desta pesquisa, seguiu-se o *framework* Pesquisa Abrangente para Modelo de Maturidade, apresentado por Wendler (2012).

Esse *framework* propõe que o desenvolvimento do modelo de maturidade deve ser um processo iterativo de três etapas: Desenvolvimento de Modelo, Aplicação de Modelo e Validação de Modelo. Para operacionalizar estas etapas, utilizou-se como base a metodologia proposta por Bruin *et al.* (2005) que consiste em seis fases para o desenvolvimento de modelo de maturidade, como apresentado na Figura 5:



Figura 5. Fases do Desenvolvimento do Modelo

Fonte: (BRUIN *et al.*, 2005)

Esta metodologia é genérica e permite a criação e a evolução de um modelo descritivo para o prescritivo, assim como para o modelo comparativo. Contudo, segundo Bruin *et al.* (2005) é importante obedecer as fases estabelecida do processo de desenvolvimento:

- **Fase 1 – Escopo:** Momento para determinar o âmbito de aplicação do modelo desejado e seu limite. A combinação de decisões de escopo vai influenciar todas as fases restantes. É importante manter o foco no modelo, momento de definir o que difere o seu modelo dos demais. Pode ser feita uma revisão da literatura para responder este questionamento. Definir o que irá contribuir para o desenvolvimento do modelo.
- **Fase 2 – Design:** Momento de realizar o enquadramento proposto, ou seja, determinar um design ou arquitetura para o modelo que constitui a base para o desenvolvimento e aplicação. É importante identificar quais as contribuições do modelo para a organização, como o modelo pode ser aplicado a diferentes estruturas organizacionais, quais recursos são necessários para aplicar do modelo. É importante desenvolver um modelo equilibrado, não sendo simplista demais ou muito complexo.
- **Fase 3 – Preencher:** Uma vez que o escopo e *design* do modelo são acordados, o conteúdo do modelo deve ser decidido. Nesta fase, é necessário identificar o que o modelo de maturidade irá medir e como isso será feito. A meta é atingir componentes de domínio e subcomponentes que são mutuamente exclusivos e coletivamente exaustivas. Em um domínio maduro a identificação dos componentes de domínio pode ser alcançada através de uma extensa revisão da literatura. A presença de um rico fluxo de literatura e modelos testados reduz as preocupações. Entrevistas são usadas para validar ainda mais os componentes de domínio que foram identificados. Confirmação de componentes selecionados a partir de múltiplas fontes de prova melhora a extensibilidade dos resultados do modelo de maturidade final.

- **Fase 4 – Teste:** Após o preenchido do modelo, o mesmo deve ser deve ser testado para a relevância e rigor. É importante testar os constructos, os instrumentos de validade, confiabilidade e generalização do modelo. A validade do constructor e a validade do conteúdo pode ser realizada durante a fase 3 usando ferramentas, tais como: grupos focais e entrevistas (BRUIN *et al.*, 2005). O modelo de maturidade precisa ser considerado completo e precisos de acordo com a sua abrangência. Métodos complementares podem ser selecionados para preencher o modelo e atingir a maturidade. A validade do conteúdo pode ser alcançada por meio de uma extensa revisão da literatura e dos domínios cobertos. Após a realização desta validação inicial um teste piloto de confiabilidade entre avaliadores pode ser iniciado a fim de melhorar a convergência de opiniões de que os objetivos do projeto desejados foram alcançados. O modelo pode ser construído a partir da aplicação de estudos de caso, pesquisas que incorporam e entrevistas, realizadas em organizações de diferentes setores. Ferramentas como protocolos de estudo de caso, a inclusão de medidas quantitativas também colabora para a validade do modelo.
- **Fase 5 - Implementar:** Nesta fase o modelo deve ser disponibilizado para utilização e para se verificar a extensão da generalização do modelo. Esta etapa é importante para adequar a normalização e a aceitação global do modelo.
- **Fase 6 – Manter:** Obter os recursos necessários para manter o crescimento e uso do modelo. A manutenção da pertinência de um modelo será assegurada apenas pela manutenção do modelo ao longo do tempo.

A execução das fases 1 e 2 da metodologia ocorreram através da revisão da literatura apresentada na seção 3.2.1. Nela foi possível identificar a importância da construção de um modelo de maturidade que ajude as empresas a ingressar na Indústria 4.0, assim como identificar os benefícios de fazer esta investigação no âmbito das Pequenas e Médias Empresas.

Já para a execução da Fase 3 passou-se para a identificação dos componentes do domínio. Para sinalizar o fim da fase 3 do desenvolvimento do modelo, passou-se para a validação dos constructos. A descrição do processo de validação será apresentada na seção 3.2.3.

3.2.3 Entrevistas e Ajustes

A etapa 3.2.1 descreveu o procedimento utilizado na definição dos constructos do modelo. Inicialmente foi realizada a definição a partir do que foi pesquisado na revisão sistemática da literatura, entretanto, a fim de validar a inclusão de novos parâmetros, realizou-se um painel de especialistas.

Painel de especialistas é uma técnica que é empregada em vários âmbitos das atividades humanas, como por exemplo psicologia, administração e ciências sociais em geral. Nessa técnica, cada especialista apresenta sua perspectiva, as mesmas são debatidas e conclusões são estabelecidas (PINHEIRO; FARIAS; ABE-LIMA, 2013). Com esta prática, prioridades podem ser definidas bem como melhorias dos itens analisados podem ser feitas pelos especialistas participantes (PETRICK, 2002).

Nesta pesquisa, o painel de especialista foi inicializado antes do desenvolvimento do questionário o qual permitiu validar as dimensões do modelo. Participaram desta atividade dez especialistas: dois doutores e um mestre em engenharia de produção, três especialistas em produção, três especialistas em tecnologias disruptivas aplicadas à automação industrial e um especialista na área de gestão de pessoas. Todos os especialistas têm relações com a empresa, três deles são funcionários e os demais são consultores que prestam serviços para a empresa.

A validação das dimensões efetuada pelo painel de especialistas marcou o fim da Fase 3 da metodologia de desenvolvimento do modelo. Passou-se então para a Fase 4 desta metodologia, iniciando pela elaboração do questionário a ser aplicado aos profissionais que atuam na empresa de manufatura foco deste estudo.

Para elaboração do questionário, que está disponível no Apêndice A, considerou-se como base os questionários apresentados nos modelos M7, M8.a e M8.d uma vez que são os únicos que apresentam o questionário utilizado. Sendo assim, o questionário foi composto por 34 questões, sendo 3 de informações sobre a empresa respondente, 25 sobre os critérios das dimensões, 3 relacionadas ao grau geral de maturidade de cada aspecto na percepção dos participantes da entrevista e, por fim, 3 questões de como pretende-se estar o nível de maturidade em cinco anos.

Para cada questão, os respondentes deveriam indicar, por meio de uma escala de 0 a 5, o quanto eles julgavam consistente a opção com a pergunta. Uma vez que, cada questão é compatível um dos níveis de maturidade apresentados na Figura 7 e os níveis de maturidade de cada aspecto se dá pela Equação (1):

$$NMa = \frac{\sum RQn}{n} \quad (1)$$

Onde:

NMa = *Nível de Maturidade do Aspecto*,
RQn = *Resposta da Questão*
n = *Quantidade de questões por aspecto*

Por exemplo, a fórmula pra calcular o nível de maturidade do aspecto Tecnologia se deu por meio da Equação (2):

$$NMa1 = \frac{(RQ1.1+RQ1.2+RQ1.3+RQ1.4+RQ1.5+RQ1.6)}{6} \quad (2)$$

Para as questões relacionadas à percepção de maturidade geral do aspecto e a visão deste nível em cinco anos, os respondentes deveriam atribuir livremente uma nota de 0 a 5 de acordo com sua percepção. Estas respostas não foram utilizadas no cálculo de nível de maturidade do aspecto, porém serviram como referência na apresentação dos resultados em gráfico, o qual foi composto pelos eixos: Nível Perceptível, Nível Projetado e Nível Medido.

Antes de enviar o questionário para os respondentes, foi realizado um pré-teste com alguns funcionários, como recomendado por Gil (2010), para verificar a necessidade de algum ajuste. Neste pré-teste iniciou-se com a apresentação do modelo e dos níveis de maturidade e foi solicitado que cada um dos participantes, de um total de seis funcionários de setores diferentes, que indicasse em qual nível cada aspecto, em sua opinião, a dimensão se encontrava (formulário de pesquisa no Apêndice B).

Posterior a isto, os participantes responderam o questionário para verificar se o mesmo estava coerente com a percepção e as respostas foram comparadas. Como as respostas estavam bem próximas e não houve sugestões de alteração,

manteve-se o questionário original e estes funcionários utilizados no pré-teste não participaram da amostra principal.

As entrevistas marcaram o início da Fase 5 da metodologia de desenvolvimento de modelo e se deu através do envio do questionário para o e-mail de cada um dos participantes no período de final de outubro e início de novembro de 2018. Neste e-mail, apresentavam-se os propósitos da pesquisa e um link para acessar o formulário construído utilizando a plataforma *Google Forms*.

Participaram da entrevista 26 funcionários da empresa estudada nas posições de gerentes, coordenadores e líderes dos departamentos de logística, de armazenagem, de produção, de planejamento, de engenharia, de tecnologia da informação, de controladoria, de qualidade, de suprimentos, de recursos humanos, de pesquisa e desenvolvimento, de finanças e do comercial. Por se tratar de uma pesquisa importante para a empresa e como houve o endosso da direção, obteve-se 100% das respostas.

De posse das respostas, utilizou-se o Microsoft Excel para tabular os dados onde foi calculado a média das respostas de cada questões. Após este cálculo, utilizou-se o gráfico de radar para apresentar os resultados que serão detalhados na seção 4.5.

A última etapa da metodologia de desenvolvimento do modelo de maturidade é a Fase 6. Nesta fase, preparam-se estratégias para manter atualizado o modelo construído. Como o modelo de maturidade apresentado nesta pesquisa está na sua primeira versão, as atividades da Fase 6 se darão pela disponibilização do modelo de maturidade na Internet para ser utilizado por qualquer PME de manufatura que queira identificar o seu *status quo* em relação às práticas da Indústria 4.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta o resultado da realização deste trabalho, apresentando os resultados da metodologia de desenvolvimento de modelo. Inicia-se apresentando os resultados da revisão sistemática da literatura (Fase 1 e Fase 2), na sequência apresentam-se os aspectos e dimensões do modelo e a validação feita utilizando o painel de especialistas (Fase 3). Posterior a isto, apresenta-se o questionário elaborado na Fase 4, os dados coletados na Fase 5 e os planos para a manutenção do modelo como resultado da Fase 6.

4.1 FASE 1: REVISÃO DA LITERATURA

O processo de transformação digital envolve atividades multidisciplinares e requer, portanto, uma série de especialistas em diversos domínios, que podem não estar presentes em PME's (COLLI *et al.*, 2018). Isto dificulta que muitas organizações compreendam a ideia da Indústria 4.0 e estabelecem estratégias para conseguir a transformação digital que este modelo exige (ANDULKAR; BERGER, 2018).

Desta forma, existe uma necessidade de metodologias que possam apoiar as PEM's na operacionalização desta transformação, ainda mais que estas geralmente formam a espinha dorsal da maioria das economias (ANDULKAR; BERGER, 2018; MITTAL, S.; ROMERO; WUEST, 2018). Por exemplo, as PME's representam 98% de todas as organizações brasileiras, incluindo os setores da indústria transformadora, comércio, serviços e construção e emprega cerca de 52% dos brasileiros (SEBRAE, 2017).

Estes números não são tão diferentes das PME's da Alemanha, por exemplo. As “*Mittlestands*” como são conhecidas na Europa representam 99,5% de todas empresas e empregam 62,8% da força de trabalho alemã (ANDULKAR; BERGER, 2018; PERESHYBKINA *et al.*, 2017). Porém, quando se fala de representatividade do PIB e investimento em inovação a diferença entre estas empresas ficam evidentes. No Brasil, as PME's representam 27% do PIB e 18% destas empresas investem em inovação enquanto na Alemanha estes número são 52

e 54%, respectivamente (PERESHYBKINA *et al.*, 2017; SEBRAE, 2017; VERMULM, 2018).

A preocupação que existe é que esses conceitos e tecnologias da Indústria 4.0 estejam sendo desenvolvidos levando em consideração apenas as grandes empresas de manufatura, por exemplo, a indústria automotiva, ao invés de serem projetadas de forma mais geral e isso poderia colocar em risco o setor de PME's.

Existem vários modelos de maturidade que auxiliam as empresas no processo de digitalização, as preparando para as mudanças que a Indústria 4.0 exige; contudo, estes modelos – em sua maioria - não contemplam as necessidades de uma PME's de um país em desenvolvimento. Desta forma, como resultado desta fase, tem-se a definição que se deve desenvolver um modelo de maturidade que atenda as especificidades destas empresas.

Um modelo de maturidade normalmente consiste em uma sequência de níveis de maturidade para uma classe de objetos sendo que cada nível requer que os objetos nesse nível atinjam certos requisitos (RABER; WINTER; WORTMANN, 2012). A maturidade, nesse contexto, é entendida como uma medida para avaliar as capacidades de uma organização (BRUIN *et al.*, 2005), enquanto o termo capacidade é entendido como a capacidade de atingir um objetivo pré-definido (VAN STEENBERGEN *et al.*, 2010).

4.2 FASE 2: MODELOS DE MATURIDADE

Nesta fase foram identificados onze modelos de maturidade em bases de dados bibliográficas e mais quatro modelos disponibilizados por empresas que prestam consultoria no contexto de Indústria 4.0. O Quadro 3 apresenta os modelos atuais de maturidade que consideram ou não a perspectiva da PME's no contexto da Indústria 4.0. Neste quadro apresentam os nove modelos abordados por Mittal *et al.* (2018a) e mais seis que não foram citados pelos autores.

Fonte	Nome do Modelo	Perspectiva PME
(COLLI <i>et al.</i> , 2018)	360DMA	Não considera
(DE CAROLIS, A. <i>et al.</i> , 2017)	DREAMY	Não considera
(GANZARAIN, JAIONE; ERRASTI, 2016)	Three Stage Maturity Model	Considera

(GÖKALP, E.; ŞENER; EREN, 2017)	Industry 4.0-MM	Não considera
(JÆGER; HALSE, 2017)	IoT Technological Maturity Model	Não considera
(KRAVČÍK; ULLRICH; IGEL, 2017)	ADAPTION	Não considera
(LANZA <i>et al.</i> , 2016)	Empowered and implementation strategy for Industry 4.0	Não considera
(LEYH, CHRISTIAN <i>et al.</i> , 2016)	SIMMI 4.0	Não considera
(LICHTBLAU <i>et al.</i> , 2015)	IMPULS	Não considera
(MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a)	SM3E maturity model	Considera
(ROCKWELLAUTOMATION, 2014)	The connected enterprise maturity model	Não considera
(SCHRAUF; BERTTRAM, 2016)	PWC	Não considera
(SCHUH <i>et al.</i> , 2017)	ACATECH	Não considera
(SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016)	Industry 4.0 Maturity Model	Não considera
(TONELLI <i>et al.</i> , 2016)	MVMM	Não considera

Quadro 3. Modelos de maturidade com perspectiva para PME's

Entre todos os modelos selecionados apenas os modelos de Ganzarain *et al.* (2016) e Mittal *et al.* (2018a) consideram a perspectiva das PME's, porém o primeiro não tem como premissa investigar diretamente o nível de maturidade e sim encontrar oportunidades de negócio, ao contrário do segundo. Todavia, o modelo SM3E não considera as variáveis que as indústrias dos países em desenvolvimentos estão expostas e bem como o modelo apresenta limitações reconhecidas pelos próprios autores.

Findada esta fase, deu-se início a Fase 3 que, resumidamente, permitiu construir um modelo de maturidade específico para uma manufatura classificada como PME, baseando-se na literatura e nas influências que este tipo de empresa está exposta quando uma PME de um país em desenvolvimento como o Brasil.

4.3 FASE 3: DESENVOLVIMENTO DO MM PARA PME'S

Considerando a complexidade deste novo paradigma e a exigência que a Indústria 4.0 impõe às organizações, não são apenas os ativos tecnológicos que sofrerão impactos, mas também os processos organizacionais. É importante perceber que a transformação digital de uma empresa não é apenas investimento em tecnologia (COLLI et al., 2018). Deve ser uma estratégia global de negócios baseada no comprometimento da administração da empresa (RAJNAI; KOCSIS, 2018). Então, tornar-se uma empresa digital não é uma mudança transitória, e sim uma evolução através de múltiplas etapas envolvendo mudanças tecnológicas e organizacionais.

Consequentemente, a qualificação dos funcionários também será impactada com a exigência de novos perfis de trabalho e qualificação. Permitir que os funcionários participem de *workshops* e seminários os ajudará a adotar novos métodos e tecnologias de trabalho, o que irá aprimorar habilidades que o conceito da Indústria 4.0 exige (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018a). Diante disso, optou-se por considerar os aspectos Tecnologia, Organização e Pessoas, proposto por (KRAVČÍK; ULLRICH; IGEL, 2017) no modelo M6, para agrupar as dimensões do modelo. Estes aspectos são citados em quase todos os modelos apresentados no Quadro 1.

O próximo passo foi definir as dimensões de cada um dos aspectos citados anteriormente. Estas dimensões também foram estabelecidas com a premissa de que os impactos da Indústria 4.0 não afetam só o *Cyberphysical Production System*, mas os processos organizacionais e as habilidades de TI e outros requisitos essenciais aos recursos humanos.

4.3.1 Dimensões do Modelo de Maturidade

Para compor as dimensões do aspecto “Tecnologia”, considerou-se principalmente um conjunto de tecnologias, métodos, ferramentas e práticas que podem ajudar as PME's de manufatura a aumentar suas capacidades dentro do conceito de Indústria 4.0. Para tal, baseou-se principalmente no trabalho de Mittal et al (2018b) no qual é proposto um Kit de Ferramentas Modular acessível para as PME's.

As dimensões propostas para este aspecto deram-se a partir do agrupamento das características das ferramentas apresentadas no Kit de

Ferramentas Modular e foram: “Tecnologias da Informação”, “Gerenciamento de Dados” e “Internet das Coisas”. Os critérios observados na dimensão “Tecnologias da Informação” foram: “ferramentas informatizadas no processo de manufatura”, “ferramentas de simulação”, “robotização e automatização de trabalhos repetitivos” e “uso de *cloud computing*”.

Adicionou-se dois critérios além dos apresentados no kit de ferramentas que foram propostos por Leyh *et al.* (2016) no modelo SIMMI 4.0 e Schuh *et al.* (2017) no modelo ACATECH: “conectividade e integração entre sistemas” e “segurança da informação”. Foi adicionado o primeiro uma vez que os dados destes, como sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), sistemas *Supply Chain Management* (SCM), *Management Information Systems* (MIS), sistemas de *Product Life Cycle Management* (PLM) e sistemas *Customer Relationship Management* (CRM) – por exemplo, são frequentemente armazenados em bancos de dados separados e a integração deles deve ser melhorada para implementar processos e atividades de negócios da Indústria 4.0 (LEYH, CHRISTIAN *et al.*, 2016; SCHUH *et al.*, 2017)

Já o critério “segurança da informação” foi adicionado, pois na Indústria 4.0 a empresa estará conectada à internet e a segurança de TI será um grande desafio para o estabelecimento de diferentes tipos de sistemas de TI (LEYH, C. *et al.*, 2016).

Na dimensão “Gerenciamento de Dados” considerou-se os critérios de “armazenamento em nuvem” e “ferramentas de análise de dados” oriundos do Kit de Ferramentas Modular (MITTAL, SAMEER; ROMERO; WUEST, 2018b). O termo Indústria 4.0 vem sempre acompanhado de algumas tecnologias disruptivas como, por exemplo, o *Big Data*. Por mais que existam obras como de Sen *et al.* (2016) que sugerem que o *Big Data* pode tornar a PME’s mais competitivas, especialistas como Campbell Williams – diretor de marketing do grupo *Six Degrees* – afirmam que isto não é possível por uma única razão: “PME’s não têm *Big Data*” (AL-EMADI, 2013).

Se existe esta percepção de especialistas quando se fala em PME’s pertencentes à União Europeia, em países em desenvolvimento - como o Brasil – os desafios são bem maiores (PEREIRA; SIMONETTO, 2018). Por este motivo, não foi considerado o uso do *Big Data* um critério a ser observado. Ainda mais que, se a empresa tem por prática a tomada de decisão baseado em análises de dados, usar o

Big Data irá promover uma palição das variáveis na tomada de decisão (SEN; OZTURK; VAYVAY, 2016).

Por fim, na dimensão “Internet das Coisas”, também foram considerados os critérios de “utilização sensores no processo produtivo” e a “conectividade destes sensores com outros sistemas/conectores”. Estes critérios são recomendados por Lichtblau *et al.* (2015b) no modelo IMPULS.

As dimensões observadas no aspecto “Organização” foram: “Estratégias Organizacional” e “Cultura Organizacional”. Para a dimensão “Estratégias Organizacional” considerou-se o quão alinhados estão as estratégias da empresa de manufatura com as práticas da Indústria 4.0. Para isto utilizou como critérios algumas práticas consideradas por Schumacher *et al.* (2016) alinhadas à transformação digital: “adaptação de modelos de negócio” e “planejamento para Indústria 4.0”. Adicional a estes critérios, considerou-se também “investimentos em inovação” propostos no modelo IMPULS de Lichtblau *et al.* (2015b).

Já a dimensão “Cultura Organizacional” considera como critérios a “gestão do conhecimento” adaptado do item de maturidade “Compartilhamento de Conhecimento” do modelo de Schumacher *et al.* (2016), isto por que gerir conhecimento permite abrir horizontes para além do imaginário, sendo um grande motor do nosso mundo e do caminho para a indústria do futuro (COELHO, 2016). Para finalizar os critérios desta dimensão, foram considerados também os itens “aprendizagem baseadas em dados”, “desenvolvimento profissional contínuo” e “disposição às mudanças” todos oriundos do modelo M9 apresentado por Schuh *et al.* (2017).

Por fim, as dimensões identificadas no aspecto “Pessoas” se deram a partir dos itens “Abertura à Inovação” observado por Schumacher *et al.* (2016) em seu modelo e “Competência em Tecnologias” identificado no modelo IMPULS de Lichtblau *et al.* (2015b).

Para a dimensão “Abertura à Inovação” serão observados critérios como “abertura de funcionários à novas tecnologias” e “disposição para mudanças”. O primeiro critério foi retirado do modelo de Schumacher *et al.* (2016) enquanto o segundo do modelo ACATECH de Schuh *et al.* (2017) e ambos têm o intuito de

perceber o quão as pessoas envolvidas com a organização estão abertas às mudanças que a Indústria 4.0 impõem.

Concluindo a descrição dos critérios observados em cada dimensão, tem-se os critérios “habilidades dos funcionários para a Indústria 4.0” e “esforços para a capacitação pessoal” avaliados da dimensão “Competência em Tecnologias”. Estes critérios são baseados em itens observados no modelo IMPULS proposto por Lichtblau *et al.* (2015b). A disposição de todas as dimensões dentro do modelo é apresentado na Figura 6.

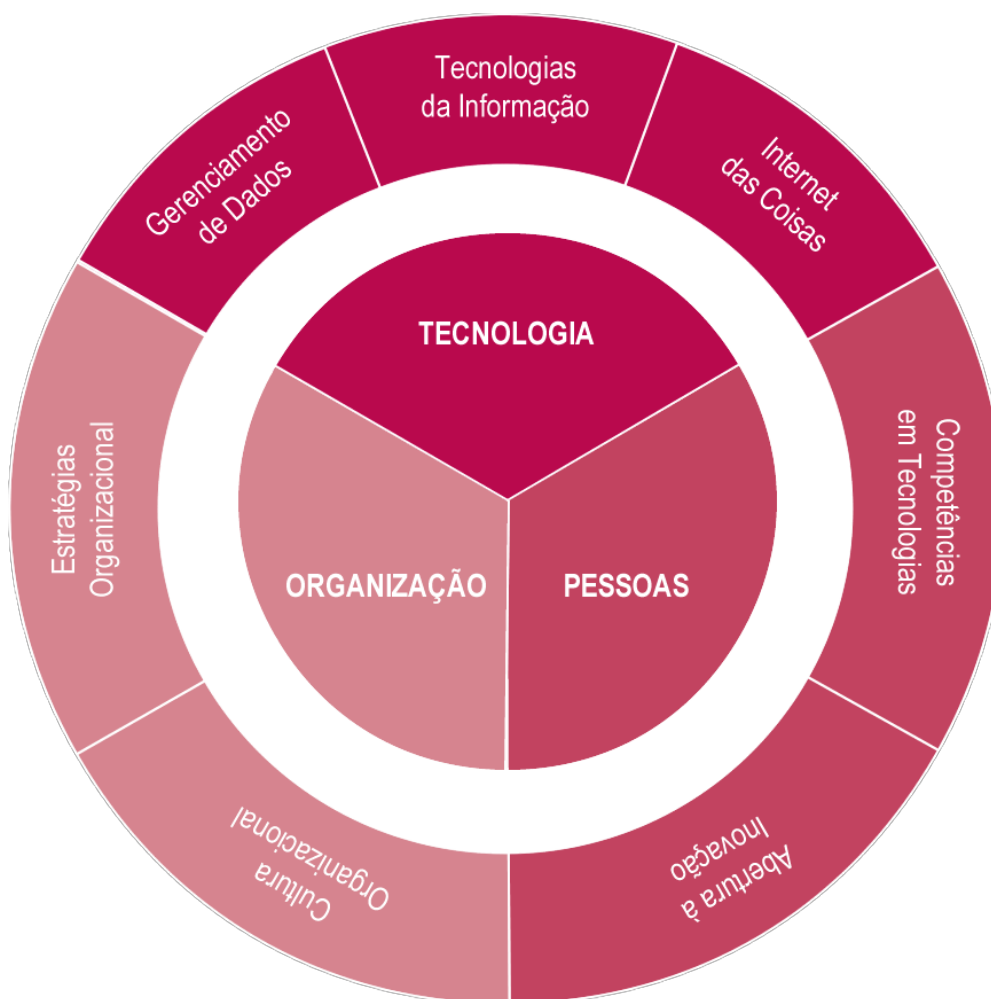


Figura 6. Dimensões do modelo de maturidade

4.3.2 Validação do Modelo

A validação do modelo se deu por meio de um painel com especialistas composto por dez membros, conforme recomendação de Campos *et al.* (2010), sendo: quatro especialistas do meio acadêmico com experiência em produção, dois

consultor em tecnologias disruptivas e quatro profissionais atuantes em indústrias. Entre os especialistas do meio acadêmico estavam: um doutor da Federal do Rio Grande do Sul, pesquisador de novas tecnologias em produção de ração; um doutor da Universidade de São Paulo que atua também como coordenador em um curso superior de Engenharia de Produção; um mestre em engenharia de produção com vasta experiência em várias multinacionais em 17 países. Todos os participantes possuem amplo conhecimento sobre o tema.

Entre os três profissionais de empresas, destaca-se que todos possuem experiência em empresas multinacionais, atuam ou já atuaram em empresas que utilizam a tecnologias presentes no modelo da Indústria 4.0 e que os mesmos possuem conhecimento amplo a respeito do tema. Conforme destacado anteriormente, três especialistas de tecnologias disruptiva para indústria, dois deles com vasta experiência em IoT e automação industrial e um terceiro especialista em análise de dados. Também foi convidado para participar da reunião um especialista consultor em modernidade organizacional em gestão de pessoas da Fundação Dom Cabral.

Para a realização deste painel, foi realizada uma reunião, na qual foi discutido sobre o tema e suas dificuldades e, na sequência, foi mostrado um modelo conceitual o qual foi apresentado no congresso *Twentieth International Working Seminar on Production Economics* que ocorreu em Innsbruck, Áustria em fevereiro de 2018 e que, originalmente, era formado por três aspectos e sete constructos (JÚNIOR *et al.*, 2018):

- Tecnologia:
 - Tecnologias da Informação
 - Gestão dos Dados
 - Internet das Coisas
- Organização:
 - Alinhamento Organizacional
 - Transformação dos Processos
- Pessoas:
 - Competências em Tecnologias
 - Abertura à Novas Tecnologias

Foram apresentados a eles os motivos do agrupamento e todos consideraram pertinente montar os constructos sob estes aspectos. Depois passou-se para discussão sobre os constructos e todos os especialistas concordaram que os constructos “Tecnologias da Informação”, “Gestão dos Dados”, “Internet das Coisas” e “Competências em Tecnologias” estavam aderentes. Contudo, os demais precisariam ser alterados.

Foi então que “Alinhamento Organizacional” e “Processo de Transformação” foram substituídos por “Estratégias Organizacional” e “Cultura Organizacional”. A primeira adequação se fez necessário uma vez que, segundo o que foi identificado pelos especialistas, estar “alinhado” remete ao *status quo* e este é o propósito do modelo: identificar o estado atual da organização frente à Indústria 4.0. Sendo assim, mensurar as estratégias da empresa para promover a Indústria 4.0 pode aumentar o valor agregado ao produto e, assim, aumentar o nível de maturidade da empresa.

Com relação ao “Processo de Transformação”, decidiu-se que deveria ser alterado por uma variável que permitisse medir a Cultura Organizacional, uma vez que seria ela que iria promover o processo de transformação. A terceira adequação efetuado no modelo foi a alteração do nome da dimensão “Abertura à Novas Tecnologias” para “Abertura à Inovação”. Acreditou-se que o termo inicial poderia remeter apenas às mudanças tecnológicas oriundas de produtos informáticos, porém sabe-se que inovação pode ser de produto, de processo, de marketing, organizacional ou de paradigma (PIRES, 2014).

Passou-se então para a discussão dos critérios a serem observados em cada constructor. Adicionalmente, houve sugestões de melhorias aonde os participantes sugeriram a alteração de alguns critérios, como por exemplo, uso do Big Data. Segundo consenso, seria difícil usarmos em grande volume de dados dentro de uma PEM então deveríamos “embuti-lo” dentro do critério que trata a análise de dados.

Os quadros Quadro 4 a Quadro 10 apresentam os critérios e seus agrupamentos após realização do painel de especialista. Nestes quadros, apresenta-se uma coluna com o nome “Sigla” com os termos os quais os critérios serão identificados na coleta de dados.

Sigla	Critério
CR1.1	O uso de ferramentas informatizadas no processo de manufatura
CR1.2	Utilização de ferramentas de simulação
CR1.3	Presença de robôs na linha de produção para automatização de trabalhos repetitivos
CR1.4	Utilização do recurso de computação em nuvem (<i>cloud computing</i>)
CR1.5	Ambiente com conectividade e integração entre os sistemas (ERP, MSE, etc)
CR1.6	Implementação de mecanismos de segurança para Indústria 4.0

Quadro 4. Critérios observados no constructor "Tecnologias da Informação"

Sigla	Critério
CR2.1	Utilização da computação em nuvem para armazenamento de dados
CR2.2	Uso de ferramentas para análise de dados

Quadro 5. Critérios observados no constructor "Gerenciamento de Dados"

Sigla	Critério
CR3.1	Utilização de sensores no processo produtivo
CR3.2	Conectividade entre sensores ou máquinas

Quadro 6. Critérios observados no constructor "Internet das Coisas"

Sigla	Critério
CR4.1	Uso de ferramentas que permite adaptação do modelo de negócio
CR4.2	Considera o parâmetro "Indústria 4.0" no planejamento estratégico
CR4.3	Tem por prática o investimento em inovação tecnológica

Quadro 7. Critérios observados no constructor "Estratégias Organizacional"

Sigla	Critério
CR5.1	Existem práticas de Gestão do Conhecimento dentro da organização
CR5.2	Existe a cultura do aprendizado baseado em dados
CR5.3	Utilização de programa de aperfeiçoamento pessoal
CR5.4	Existe a cultura de mudança difundida na organização

Quadro 8. Critérios observados no constructor "Cultura Organizacional"

Sigla	Critério
CR6.1	Existe abertura dos funcionários às novas tecnologias e inovações tecnológicas
CR6.2	A característica de disposição a mudanças pode ser identificada nos funcionários

Quadro 9. Critérios observados no constructor "Abertura à Inovação"

Sigla	Critério
CR7.1	Os funcionários possuem competências para as tecnologias envolvidas com a Indústria 4.0
CR7.2	Existe o esforço individual para capacitação pessoal

Quadro 10. Critérios observados no constructor "Competências em Tecnologias"

Outro ponto discutido no painel de especialista foram os níveis de maturidade que iriam identificar o *status quo* da empresa. Foi apresentado, inicialmente, uma escala de seis níveis de maturidade inspirados no modelo de Gökalp *et al.* (2017), conforme Quadro 11.

Nível	Descrição do Nível
Incompleto	As práticas de aspecto básico são parcialmente alcançadas ou ainda não há implementação. A organização apenas se concentra nas operações fundamentais, tais como: análise de requisitos, aquisição, produção e vendas.
Realizado	A transformação foi iniciada e já existe uma visão da Indústria 4.0.
Gerenciado	O conjunto de dados relacionado a cada operação foi definido e começou a ser coletado, porém não está integrado nas diferentes funcionalidades das operações.
Estabelecido	As principais atividades do negócio, as operações de valor agregado são bem definidas e as qualificações de processos e operações são consistentes com a padronização correspondente.
Previsível	Possui integração entre a cadeia produtiva, porém poderia existir uma troca de informação em tempo real sobre detalhamento dos produtos e do processo produtivo. Com isto, seria possível aumentar o nível de detalhe e qualidade na otimização de fabricação distribuída.
Otimizado	Foi alcançada a integração para a engenharia e a vida útil do produto / produção para permitir o compartilhamento de conhecimento de baixo esforço e a sincronização entre o desenvolvimento de produtos e serviços e os ambientes de fabricação. A organização está totalmente aderente à Indústria 4.0.

Quadro 11. Níveis de maturidade propostos aos especialistas

Contudo, os especialistas não concordaram que o nível proposto iria representar a real situação da organização, bem como alguns níveis estavam

confusos. Desta forma, chegou-se a um consenso e o definiu-se adaptar o nível de maturidade do modelo ACATECH proposto por Schuh *et al.* (2017).

O final da reunião foi marcado pela discussão das dificuldades que as empresas brasileiras enfrentam que empresas de países desenvolvidos não enfrentam. Para isto, apresentou-se as uma lista de influências encontradas na literatura as quais forma validadas pelos especialistas que trabalharam em outros países. De acordo com eles, as influências identificadas foram:

- Acesso à Tecnologia;
- Custos com Tecnologias;
- Capacitação Operacional;
- Cultura Organizacional;
- Imposições do Governo;
- Incentivos do Governo Federal;
- Internacionalização do Mercado;
- Investimento em P&D.

O detalhamento de cada uma destas influências externas será discutido na seção 4.3.3 no qual apresenta-se o motivo da escolha bem como o embasamento teórico para tal escolha.

4.3.3 Influências Externas

Todas as dimensões citadas anteriormente recebem influências externas diferentes em países em desenvolvimento comparadas as dos países mais desenvolvidos, sendo assim, buscou-se fatores externos que podem variar dependendo do cenário. Os fatores “Acesso à Tecnologia” e “Custos com Tecnologia” são fatores limitantes da indústria brasileira quando comparados a produção de países desenvolvidos (KUBITZA *et al.*, 2012). Para esses autores a baixa capacitação e falta de treinamento também são fatores impactantes, congruentes a De Negri (2006), que sugere a “Capacitação Operacional” como um hiato entre países em desenvolvimento e países desenvolvidos.

Além deste fator, o autor comenta da influência causada pela *social capability* preconizada por Abramovitz (1986) a qual considera o nível educacional ou a competência técnica, o sistema educacional, as instituições políticas, comerciais,

industriais e financeiras. Estas influências foram agrupadas e identificadas na Figura 4 como “Cultura Organizacional”.

Os fatores “Imposições do Governo” e “Incentivo do Governo” foram concebidos uma vez que no Brasil existem fatores econômico, dificuldade de acesso ao crédito para investimento e custeio e a falta de políticas públicas eficientes e regulamentação as quais as empresas brasileiras são submetidas influências na competitividade global (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008).

“Internacionalização do Mercado” foi considerado um fator de influência, uma vez que a internacionalização da economia requer medidas que protejam e melhorem a competitividade das empresas nacional de regimes concorrenciais de outros países culturalmente distintos e com estratégias de mercado agressivas (BASSO; SANTOS, 2012). Por fim, foi considerado o fator “Investimento em P&D”, uma que, segundo Lobo (2015), no Brasil pouco mais de 15% das PME’s investem em P&D, ao contrário de países desenvolvidos que este número chega a 70% (ANDULKAR; BERGER, 2018; SEBRAE, 2017).

4.3.4 Níveis de Maturidade

Conforme justificado na seção 4.3.2, durante o painel com especialistas optou-se por adaptar os níveis de maturidade do modelo ACATECH apresentado por Schuh et al. (2017), uma vez que a indústria nacional ainda se encontra em grande parte na transição do que seria a indústria 2.0 (caracterizada pela utilização de linhas de montagem e energia elétrica) para a indústria 3.0 (que aplica automação através da eletrônica, robótica e programação).

Desta forma, optou-se por criar níveis compatíveis com as PME’s. A Figura 7 estabelece a sucessão de estágios de capacidade, desde o nível inexistente até o momento em que a empresa manufatura está totalmente adaptada às práticas da Indústria 4.0.

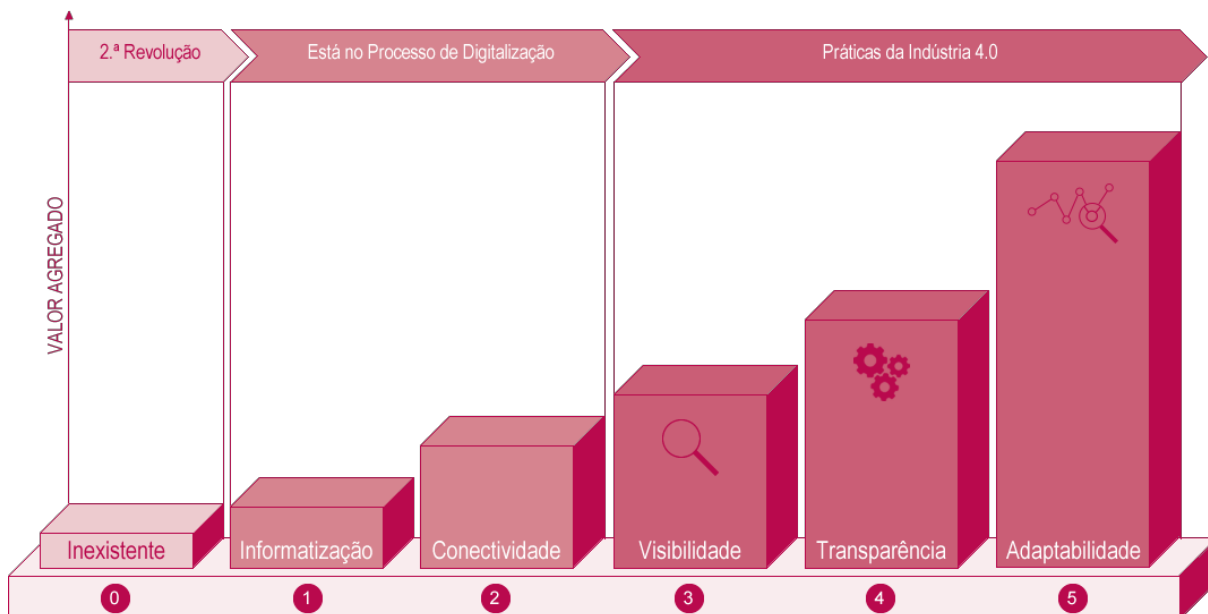


Figura 7. Níveis de maturidade para a Indústria 4.0

Fonte: Adaptado do modelo ACATECH de Schuh *et al.* (2017)

Como pode-se observar, à medida que o nível de maturidade da organização aumenta, aumenta-se também o valor agregado em toda cadeia produtiva. A seguir, descreve-se os níveis de maturidade:

- **Nível 0 - Inexistente:** As práticas de aspecto básico são parcialmente alcançadas ou ainda não há implementação. A organização apenas se concentra nas operações fundamentais, tais como: análise de requisitos, aquisição, produção e vendas.
- **Nível 1 – Informatização:** Neste nível, diferentes tecnologias de informação são usadas isoladamente umas das outras dentro da empresa. A informatização já está bem avançada na maioria das empresas e é usada principalmente para executar tarefas repetitivas com mais eficiência. No entanto, ainda é possível encontrar muitas máquinas sem uma interface digital.
- **Nível 2 – Conectividade:** No estágio de conectividade, a implantação isolada de tecnologia da informação é substituída por componentes conectados. Os aplicativos de negócios amplamente usados estão todos conectados entre si e refletem os principais processos de negócios da empresa. Conectividade significa que, uma vez que um projeto tenha sido criado na engenharia, seus dados podem ser enviados para produção, de modo que as etapas de produção possam ser executadas de acordo com os pré-determinados pela engenharia.

Após a conclusão da etapa de fabricação, a confirmação pode ser fornecida automaticamente e em tempo real para um sistema de produção, por exemplo.

- **Nível 3 – Visibilidade:** Os sensores permitem que os processos sejam capturados do início ao fim com um grande número de pontos de dados. Isto significa que se tem dados em tempo real de toda a empresa e não apenas em áreas individuais como células de fabricação, como era o caso anteriormente. É este nível que se tem as primeiras visões dos benefícios da Indústria 4.0 dentro da organização (SCHUH *et al.*, 2017).
- **Nível 4 – Transparência:** A empresa que estiver neste nível já passou da etapa de simplesmente vislumbrar os benefícios da Indústria 4.0. Neste nível a empresa começa entender que algo está acontecendo e usar esse entendimento para produzir conhecimento por meio de análises de causa raiz (SCHUH *et al.*, 2017). Neste nível que se começa a utilizar novas tecnologias que permitem a análise de dados heterogêneos para que sejam processados e combinados. Como regra, os aplicativos deste tipo são implantados em paralelo aos sistemas de aplicativos comerciais, como sistemas ERP ou *Manufacturing Execution System* (MES).
- **Nível 5 – Adaptabilidade:** Neste nível, a empresa é capaz de simular diferentes cenários futuros e identificar os mais prováveis. Com isto, são capazes de antecipar desenvolvimentos futuros para que possam tomar decisões e implementar as medidas apropriadas em tempo hábil (SCHUH *et al.*, 2017). As empresas que estão neste nível conseguem ter uma adaptação contínua a qual lhe permite que sejam delegadas determinadas decisões aos sistemas de TI para que ela possa se adaptar a um ambiente de negócios em mudança o mais rápido possível. Como exemplo pode se considerar a alteração da sequência de ordens de produção planejadas devido a falhas esperadas na máquina ou para evitar atrasos na entrega.

4.3.5 Modelo de Maturidade para PMEs Brasileiras

Como resultado da Fase 3, tem-se o modelo de maturidade validado e nomeado como “I4.OPME” e ilustrado pela Figura 8. O modelo apresenta ao centro os três aspectos mencionados e suas respectivas dimensões já abordadas nas seções anteriores. Representando as influências externas, ao torno do modelo, existem

círculos que ilustram as variáveis que impactam empresas de países em desenvolvimento de forma diferente de empresas de países desenvolvidos.

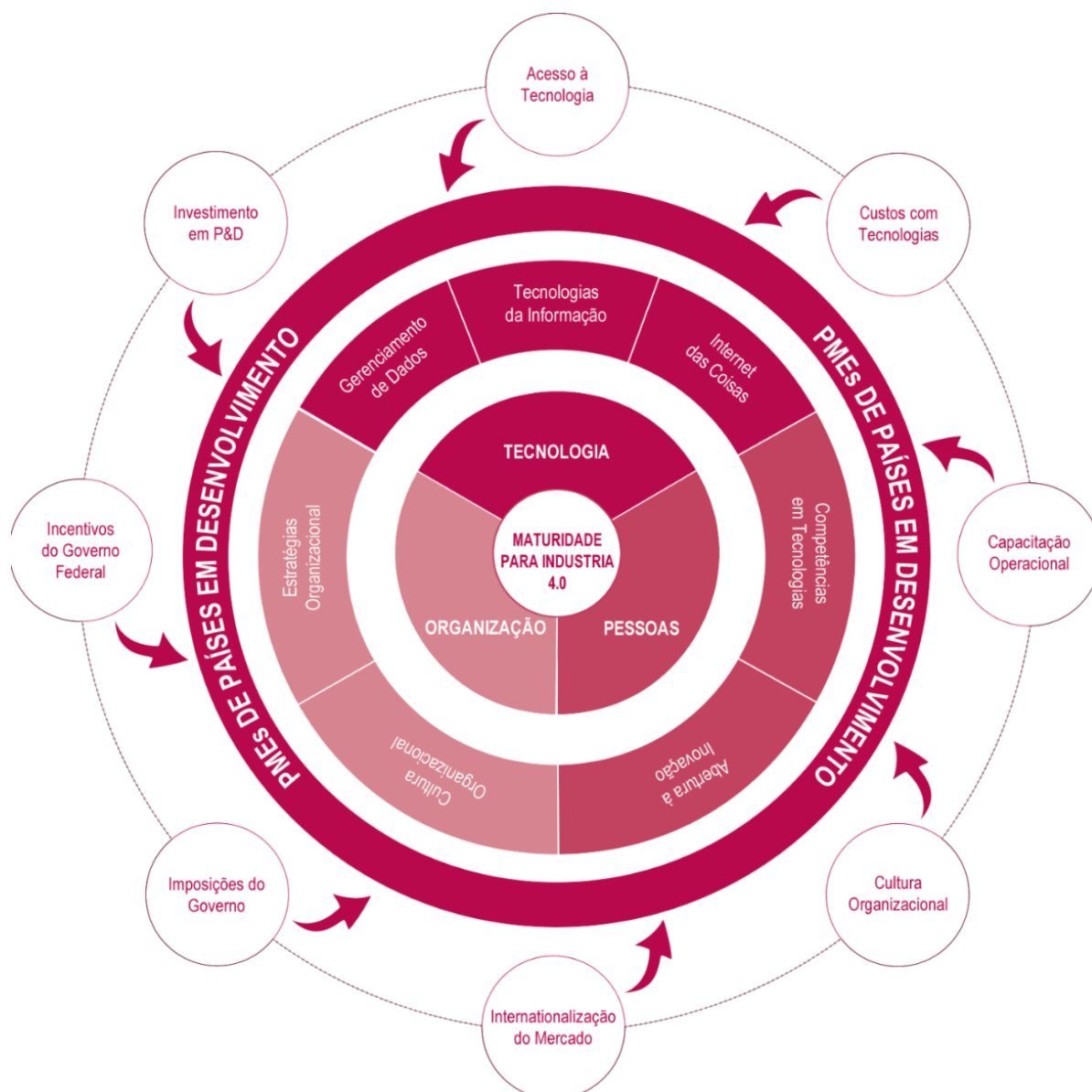


Figura 8. Modelo de maturidade I4.OPME

Concluído a Fase 3, passa-se para a fase de teste na qual apresenta o a construção do instrumento de entrevista que se utilizou na coleta de dados.

4.4 FASE 4: ENTREVISTAS E COLETA DE DADOS

O início desta fase foi marcado pela construção do questionário o qual baseou-se, basicamente, no modelo PWC apresentado por Schrauf e Bertram (2016).

Das vinte e cinco questões sobre as dimensões, 64% são oriundas deste modelo, 20% oriundas de parâmetros a serem investigados descritos na literatura e 16% dos modelos IMPULS e SIMMI 4.0 de Lichtblau *et al.* (2015) e Leyh *et al.* (2017), respectivamente.

O Quadro 12 apresenta as perguntas que foram elaboradas no questionário de maturidade, dividindo-as por aspectos. Para cada questão havia uma descrição exemplificando o que se interpretava na questão como nível 0 e nível 5, por exemplo: no questionamento Q1.7, a sua descrição era “*Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Limitado", ou seja, a empresa não faz uso de computação na nuvem ou a opção 5 para "Maduro", ou seja, toda a infraestrutura de TI (sistemas na nuvem, arquivos hospedados em nuvem, ambiente de virtualização de servidores, etc) é disponibilizada em nuvem*”.

TECNOLOGIA	
SIGLA	DESCRIÇÃO
Q1.1	Como você considera o alinhamento das tecnologias (sistemas, IoT, integrações entre sensores, ferramentas de análises de dados) de sua empresa para a Indústria 4.0?
Q1.2	Em qual estágio você acredita que a sua empresa estará, do ponto de vista tecnológico, nos próximos 5 anos?
Q1.3	Até que ponto você usa um MES - Sistema de Execução de Manufatura (sistemas de controle de fábrica) ou similar para controlar seu processo de manufatura?
Q1.4	Até que ponto o processo produtivo é digitalizado (por exemplo, RFID para identificação, sensores, conexão IoT, produtos inteligentes, etc.)?
Q1.5	Até que ponto as fases do ciclo de vida de seus produtos são digitalizadas (digitalização e integração de projeto, planejamento, engenharia, produção, serviços e reciclagem, desenvolvimento de produtos através de prototipagem virtual)?
Q1.6	Quão avançada é a digitalização dos equipamentos de produção da sua empresa (sensores, conexão IoT, monitoramento digital, controle, otimização e automação)?
Q1.7	Como você avalia o uso que sua empresa faz do <i>cloud computing</i> - computação na nuvem (uso de armazenamento de arquivos, ambientes virtualizados e uso de sistemas em nuvem, etc.)?
Q1.8	Como você avaliaria o grau de integração de sua cadeia de valor vertical (integração de informações entre setores e produção)?
Q1.9	Como você avaliaria o grau de integração de sua cadeia de valor horizontal (solicitações de compras ao fornecedor, pedidos de venda dos clientes)?
Q1.10	Até que ponto os processos da empresa podem ser considerados seguros do ponto de vista da segurança de informação (disponibilidade de dados, integridade das informações e confidencialidade)?
Q1.11	Até que ponto seus arquivos são armazenados em nuvem?
Q1.12	De que forma você classificaria o uso de ferramentas para tomadas de decisão baseada em dados (como por exemplo, uso de ferramenta de BI)?
Q1.13	Até que ponto você tem uma visão em tempo real de sua produção e pode reagir dinamicamente às mudanças na demanda?
ORGANIZAÇÃO	
SIGLA	DESCRIÇÃO
Q2.1	Como você considera o alinhamento das estratégias e cultura organizacional de sua empresa para a Indústria 4.0?

Q2.2	Em qual estágio você acredita que a sua empresa estará, do ponto de vista estratégico e cultural, nos próximos 5 anos?
Q2.3	Até que ponto os seus clientes podem individualizar os produtos que adquirem?
Q2.4	Quão dinâmico e personalizável para o cliente é o seu sistema de preços (consideração da "forma de pagamento" para cliente)?
Q2.5	Até que ponto a sua empresa considera as práticas da Indústria 4.0 no processo de planejamento? Desde do planejamento de previsão de vendas, como de produção e logística?
Q2.6	Até que ponto sua arquitetura de TI atende aos requisitos gerais da digitalização e do Indústria 4.0?
Q2.7	Como você classificaria os investimentos em inovação tecnológica nos dois últimos anos?
Q2.8	Até que ponto você analisa os dados do cliente para aumentar a percepção do cliente (por exemplo, ofertas personalizadas para clientes com base em sua situação pessoal, preferências, localização, pontuação de crédito, etc.)?
Q2.9	Qual é a importância do uso e análise de dados (dados do cliente, produto ou dados gerados por máquina) para o seu modelo de negócio?
Q2.10	Como você avaliaria sua capacidade de criar valor a partir de dados?
Q2.11	Como você avalia as práticas desenvolvimento contínuo disponibilizadas pela sua empresa para seus colaboradores?
Q2.12	Como você avalia a capacidade de adaptar-se às mudanças de sua empresa?
PESSOAS	
SIGLA	DESCRIÇÃO
Q3.1	Como você considera a preparação das pessoas (resistência às mudanças, abertura à inovação e desenvolvimento de competências) de sua empresa para a Indústria 4.0?
Q3.2	Em qual estágio você acredita que a sua empresa estará, do ponto de vista das pessoas, nos próximos 5 anos?
Q3.3	Qual a importância das novas tecnologias, como automação de tarefas repetitivas, mobilidade, análise de dados e computação em nuvem, para possibilitar operações de negócios?
Q3.4	Como você avalia a sua capacidade de adaptar-se às mudanças?
Q3.5	Como você avalia as suas habilidades quando se trata dos requisitos futuros da Indústria 4.0?
Q3.6	Até que ponto a sua organização institucionaliza a colaboração em tópicos da Indústria 4.0 junto com parceiros externos como faculdades, universidades, indústria, fornecedores ou clientes?

Quadro 12. Perguntas do questionário de maturidade

Como apresentado na seção 3.2.3, antes de submeter o questionário para os entrevistados, foi conduzido um pré-teste do mesmo com funcionários dos setores:

- Armazenagem;
- Controladoria;
- Engenharia
- Logística;
- Suprimentos;
- Qualidade.

As respostas de percepção do pré-teste foram agrupadas por dimensões e foi calculado sua média e, na sequência, fez-se o mesmo com as respostas do questionário para, depois calcular o desvio padrão entre as percepções e o que foi

respondido no questionário. A Tabela 1 apresenta uma coluna com as dimensões, a média das respostas de percepção, as médias de respostas coletadas do questionário e o desvio padrão.

Tabela 1. Resultado do pré-teste com funcionários da Anhambi em 2018

Dimensão	Percepção	Questionário	Desvio Padrão
Tecnologias da Informação	2	2	0,118
Gerenciamento de Dados	3	3	0,118
Internet das Coisas	2	2	0,118
Estratégias Organizacional	1	2	0,354
Cultura Organizacional	1	2	0,471
Abertura à Inovação	3	4	0,570
Competência em Tecnologias	2	3	0,236

Como o maior desvio ficou em 0,57, decidiu-se manter as questões do questionário de nível de maturidade e dar fazer o envio do mesmo para os demais participantes. As respostas coletadas serão apresentadas na seção a seguir.

4.5 FASE 5: ANÁLISE DOS DADOS

Nesta fase, partiu-se para a aplicação do Modelo de Maturidade na empresa Anhambi Alimentos, após o recebimento das respostas do questionário que demorou, aproximadamente, três dias para ocorrer, passou a tabulação destas respostas.

Foram entrevistados 26 funcionários divididos nos departamentos conforme Quadro 13. Departamentos dos entrevistados:

Sigla	Departamento
DP01	Armazenagem
DP02	Comercial

DP03	Controladoria/ Recursos Humanos
DP04	Engenharia/ Planejamento de Produção
DP05	Logística
DP06	Pesquisa e Desenvolvimento
DP07	Qualidade
DP08	Suprimentos
DP09	Tecnologia da Informação

Quadro 13. Departamentos dos entrevistados

Dos envios, obteve-se um retorno de 100% de respostas, desta forma, passou para a tabulação dos dados. As respostas coletadas na pesquisa feita através do *Google Forms*, foram exportadas para uma planilha do *Google Docs* e, posteriormente, para o *Microsoft Excel* e nele foram tabuladas da seguinte forma:

1. As três primeiras perguntas como são consideradas parâmetros da empresa respondente, foram ignoradas nesta tabulação, pois se tratam de respostas referente a uma única empresa;
2. Foi então feito um totalizador por respostas para ser utilizado no cálculo de médias;
3. Agrupou-se as respostas por dimensão e calculou-se a média de respostas. Neste agrupamento, foram desconsideradas as perguntas de controle (Q1.1, Q1.2, Q2.1, Q2.2, Q3.1 e Q3.2), uma vez que estas serão utilizadas para fins de comparação no gráfico de radar. Como os questionamentos sobre a percepção de maturidade e a previsão para cinco anos referem-se aos aspectos Tecnologia, Organização e Pessoas, foi preciso utilizar a nota atribuídas a eles para fins de comparação com a nota da dimensão. Permitiu-se isto, pois a média das dimensões representam a nota dos aspectos então, logicamente, a nota de controle pode ser utilizada para comparar com a nota da dimensão.

Na seção 4.5.1 serão apresentados os resultados já tabulados conforme descrito anteriormente.

4.5.1 Apresentação dos Dados Coletados

A Tabela 2 apresenta os dados coletados na entrevista, agrupados pelos departamentos apresentados no Quadro 13. Ao lado das médias por departamentos, na coluna nomeada “Média”, apresenta-se a média geral por critério e o quão homogêneo é a dispersão dos dados através da coluna “Des. Padrão”. Por fim, apresenta-se na coluna “Nível” o nível de maturidade (arredondamento da coluna Média) identificado através do questionário.

Tabela 2 -Respostas do questionário por departamento

Critério	DP01	DP02	DP03	DP04	DP05	DP06	DP07	DP08	DP09	Média	Des. Padrão	Nível
Q2.1	2,0	2,7	1,3	1,3	1,5	2,5	1,5	2,0	1,7	1,833	0,493	2
Q2.2	2,5	2,7	2,0	2,7	2,5	2,5	2,3	2,7	2,7	2,500	0,220	3
Q2.3	2,0	2,3	2,7	1,3	1,5	2,5	1,7	2,3	2,0	2,037	0,462	2
Q2.4	3,0	3,3	2,3	3,0	3,5	3,0	2,8	2,7	3,0	2,963	0,341	3
Q2.5	2,0	2,3	1,3	1,3	1,5	2,5	1,5	1,7	1,3	1,722	0,449	2
Q2.6	2,0	3,0	2,3	2,0	2,0	3,0	2,0	2,7	2,7	2,407	0,434	2
Q2.7	2,0	1,7	1,7	1,7	1,5	2,0	1,5	2,3	2,7	1,889	0,400	2
Q2.8	2,5	2,7	2,0	1,7	2,5	3,0	2,2	2,3	2,3	2,352	0,386	2
Q2.9	2,5	2,7	2,7	3,3	3,0	3,0	3,2	3,0	4,0	3,037	0,447	3
Q2.10	2,5	3,3	3,0	2,0	2,0	3,0	2,8	2,3	3,0	2,667	0,479	3
Q2.11	1,5	2,3	1,7	1,3	2,5	2,5	2,0	2,0	2,7	2,056	0,479	2
Q2.12	2,5	2,7	1,7	1,3	2,0	2,5	2,7	2,3	2,7	2,259	0,487	2
Q1.1	2,0	2,7	2,0	1,3	2,0	2,5	2,0	2,0	3,0	2,167	0,486	2
Q1.2	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,2	3,0	4,0	3,130	0,564	3
Q1.3	2,0	2,0	1,7	1,7	3,0	2,0	1,5	2,0	3,3	2,130	0,622	2
Q1.4	2,0	2,3	1,3	0,7	1,5	2,0	1,2	1,7	2,0	1,630	0,519	2
Q1.5	2,0	2,0	1,3	1,3	3,0	3,0	1,5	1,3	2,0	1,944	0,667	2
Q1.6	2,0	2,3	1,3	1,3	2,0	2,5	1,5	2,0	2,3	1,926	0,442	2
Q1.7	2,5	3,0	3,7	2,7	4,0	3,0	3,2	3,3	4,3	3,296	0,605	3
Q1.8	2,5	3,0	3,0	2,0	3,5	3,0	2,7	2,3	3,3	2,815	0,482	3
Q1.9	2,5	3,0	3,0	2,0	2,5	3,5	3,0	2,3	3,3	2,796	0,491	3
Q1.10	2,5	3,0	3,3	2,7	3,5	3,0	3,0	2,7	3,3	3,000	0,344	3
Q1.11	2,5	2,7	4,0	3,3	4,0	3,5	3,2	2,7	4,3	3,352	0,664	3
Q1.12	1,5	2,3	2,0	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0	3,0	2,148	0,420	2
Q1.13	2,0	2,0	2,7	1,7	2,0	2,5	2,2	2,0	3,0	2,222	0,417	2
Q3.1	1,5	2,0	1,3	1,7	2,0	2,5	1,8	1,7	2,0	1,833	0,344	2
Q3.2	2,5	3,0	2,7	2,7	2,5	3,5	2,7	3,0	3,3	2,870	0,361	3
Q3.3	3,5	4,0	4,0	4,3	3,5	4,5	3,7	4,3	4,3	4,019	0,386	4
Q3.4	4,0	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0	3,7	4,0	4,3	3,926	0,222	4
Q3.5	3,5	3,3	3,3	3,0	2,5	3,0	2,8	3,0	3,3	3,093	0,313	3
Q3.6	1,5	2,3	1,3	1,7	2,0	2,5	2,7	2,3	2,3	2,074	0,472	2

Já a Tabela 3 é possível identificar uma coluna com as dimensões, seguida por três colunas que indicam os níveis de maturidades referentes a percepção do entrevistado, a previsão de maturidade para os próximos cinco anos e o nível identificado através dos resultados da entrevista (coluna “Nível da Tabela 2).

Tabela 3. Nível de maturidade resumido por dimensão

Dimensões	Percepção	Previsão	Identificado
Tecnologias da Informação	2	3	2
Gerenciamento de Dados	2	3	3
Internet das Coisas	2	3	2
Estratégias Organizacional	2	3	2
Cultura Organizacional	2	3	2
Abertura à Inovação	2	3	4
Competência em Tecnologias	2	3	3

Analisando a Tabela 3, percebe-se que a percepção dos entrevistados está bastante aderente ao que foi identificado através da apuração do resultado do questionário. A única dimensão que possui uma discrepância maior é a “Abertura à Inovação”. Acredita-se que isto ocorreu, pois o questionamento Q3.4 e Q3.5 que ajudam a medir isto, refere-se a uma autoavaliação e quando fez se a percepção, considerou a empresa como um todo.

Para melhor a interpretação dos dados por dimensão, criou-se um gráfico de radar, disponível da Figura 9, apresentando de forma visual a comparação entre os níveis identificados: perceptíveis, previstos e medidos pelo instrumento.

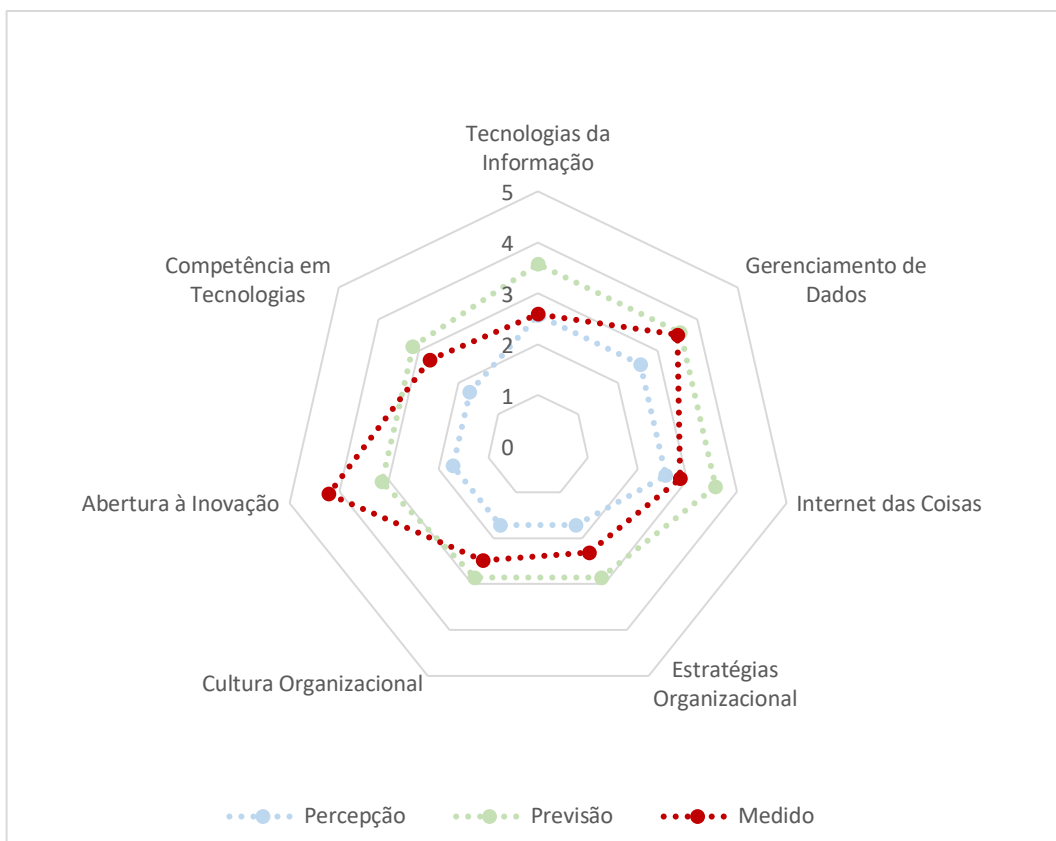


Figura 9. Níveis de maturidade por dimensão

O gráfico de radar consegue comparar, de forma visual, o nível de maturidade medido (em vermelho) em relação ao previsto para daqui cinco anos (verde claro) e com o percebido (azul claro). Percebe-se que existe uma congruência em algumas dimensões entre o Medido e o eixo Percepção quanto no eixo Previsão. Tanto na Tabela 3 quanto na Figura 9 é possível perceber que a dimensão Abertura à Inovação está acima tanto da previsão quanto da percepção.

A Figura 10 apresenta um gráfico de radar com os níveis de maturidade por aspecto. Neste gráfico, o qual dá uma visão resumida das dimensões, apresenta um cenário mais equivalente. Observando os números através deste gráfico, percebe-se que o nível de maturidade medido nos aspectos Pessoas, Tecnologia e Organização estão muito próximos do que se espera da empresa em cinco anos. Contudo, estes valores estão bem acima da percepção dos participantes da entrevista.

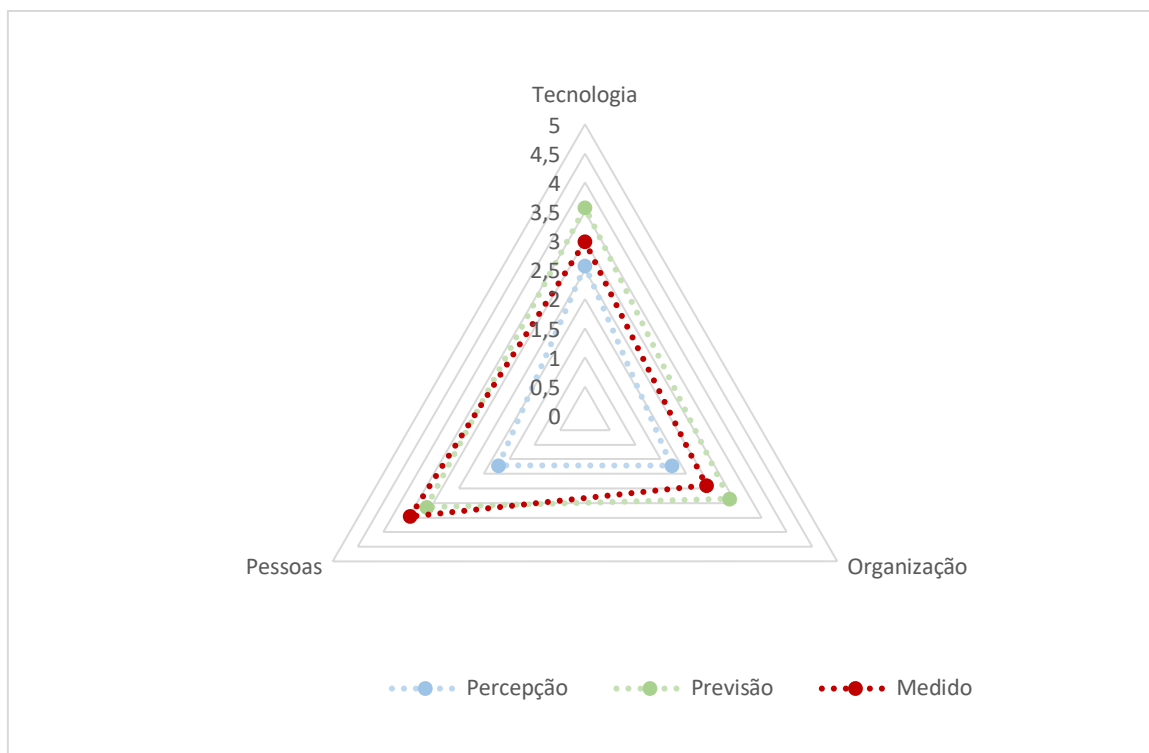


Figura 10. Níveis de maturidade por aspecto

Como fica perceptível tanto no gráfico ilustrado pela Figura 9 quanto pelo gráfico ilustrado pela Figura 10 o nível de maturidade medido pelo modelo I4.0PME classifica o nível de maturidade da empresa Anhambi Alimentos como nível 2, ou seja, a empresa utiliza sistemas que são amplamente conectados, contudo, seu nível de maturidade a ainda a coloca no processo de digitalização.

4.5.2 Discussões

A Anhambi Alimentos é uma PME que, por estar localizada no interior do estado do Paraná, o custo com tecnologia acaba se tornando alto e, com isto, os investimentos em P&D também são limitados, ficando em torno de 5%. Mesmo assim, do ponto de vista da infraestrutura de TI, a empresa utiliza um sistema ERP que está aderente em mais de 70% dos processos e a integração vertical está presente em todos os setores. Isto fica confirmado quando se observa o resultado mensuração do nível de maturidade geral da empresa.

Contudo, ao observar as respostas individuais do questionamento Q1.9, por exemplo, percebe-se que com relação a integração horizontal a empresa está em um estágio de conectividade (nível 2), pois só existe integração na produção de ração para a bovinocultura, por exemplo. Neste caso, tanto o envio de necessidade de

remessa de matéria-prima quanto o apontamento de produção ocorrem de maneira automatizada.

Um dos conceitos disruptivos da Indústria 4.0 é a IoT. A empresa utiliza sensores por toda linha de produção, tais como: sensores de pesagem, sensores de níveis, sensores indutivos para detecção de partes metálicas junto da ração, sensores de vazão, sensores de consumo de energia, sensores de temperatura, sensores de atolamentos de matéria-prima, sensores indicando as rotas para evitar erros no momento de armazenagem (ensilamento), dentre outros.

Estes sensores ajudam os operadores de fábrica na tomada de decisão, porém, estes sensores não se comunicam entre si e dependem do operador humano para fazer a intervenção quando necessária. Esta situação fica evidente quando se observa os critérios referentes à dimensão Internet das Coisas. Como a empresa procura modernizar seus processos, a integração destes sensores já está prevista para ocorrer nos próximos cinco anos.

Com isto a empresa espera aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina.

Outro conceito relativo à Indústria 4.0 de destaque é o uso do *Cloud Computing* (CC). Em 2012 a empresa iniciou os investimentos em CC uma vez que este modelo era pouco explorado no Brasil. No início de 2015, 60% dos serviços de informática consumidos pela empresa já estavam nesta plataforma e desde metade do ano de 2016 todos os serviços de informática e servidores estão nesta modalidade. Por este motivo que, ao investigar o critério de CC dentro da dimensão “Tecnologias da Informação” de forma isolado, percebe-se que o nível de maturidade se encontra entre o nível 4 e 5, ou seja, a empresa deixa de vislumbrar os benefícios da Indústria 4.0 e começa a usar estes benefícios para agregar valor.

Com uma infraestrutura em nuvem, manter a segurança dos ativos de TI da empresa é um grande desafio. A empresa se preocupa em manter uma segurança adequada para os diversos tipos de sistemas de TI que estão disponíveis. Existem

política e processos bem estabelecidos para garantir a disponibilidade, confidencialidade e integridade dos dados manipulados e gerados pela organização.

Com relação à dimensão Gestão de Dados, a empresa utiliza vários sistemas interligados, compartilhando dados estruturados e capturando-os para análises em ferramentas de *Business Intelligence*. Por mais que o volume de dados manipulados pela organização seja grande, o seu uso não o classifica dentro do conceito de *Big Data* até mesmo porque, como afirmado por especialistas na área, PME não geram *Big Data*.

Já com relação ao aspecto Organização, a Anhambi é uma empresa de propriedade familiar. Empresas familiares têm características distintivas, como a influência exercida pela família que adicionam complexidade aos modelos de ciclo de vida organizacional. Assim, a visão da manutenção dos negócios pode ser distinta ou de diferente complexidade, dependendo do perfil familiar durante o seu desenvolvimento (FREZATTI *et al.*, 2017).

Por esta razão, quando se observa os critérios relacionados à Estratégia Organizacional percebe-se existe ainda uma resistência sobre as vantagens da fabricação inteligente proposto pela Indústria 4.0 e isto afeta significativamente a decisão de investimentos e implementação de TI em alguns setores. Isto fica evidente nos setores aonde a cultura familiar está mais presente no negócio, devido à presença do fundador e de membros da família na gestão.

Sendo assim, para se ter o ganho que a Indústria 4.0 oferece em criar produtos, procedimentos e processos inteligente, a empresa precisa fazer mudanças na estratégia de negócio, na organização da produção das fábricas inteligentes e no uso dos recursos da TI não somente pode acelerar a produtividade global na fábrica por meio do aumento da comunicação e eficiência, mas também pode manter a qualidade ao controlar o processo (TROPIA; SILVA; DIAS, 2017).

Uma vez que o conjunto de competências em TI e outros requisitos essenciais de recursos humanos para transformação digital estão relacionados ao gerenciamento organizacional das empresas, essa dimensão é considerada um fator significativo para avaliar o nível de maturidade da empresa.

Contudo, do ponto de vista do aspecto que tange a transformação dos processos básicos (planejamento, compra, produção, venda e distribuição) em

digitais, uma vez que a transformação para a Indústria 4.0 começa, cada processo do sistema empresarial deve ser mapeado para o mundo digital. Além disso, diferentes processos de valor agregado devem ser integrados em toda a arquitetura corporativa de forma padronizada (GÖKALP, EBRU; ŞENER; EREN, 2017).

Desta forma, a integração digital das empresas ao longo das cadeias produtivas é primordial para o ganho de eficiência esperado e deverá provocar mudanças significativas nas relações entre clientes e fornecedores. É importante identificar as cadeias produtivas que precisarão se adaptar a este novo paradigma num prazo mais curto a fim de se manterem competitivas, independentemente do grau de autonomia na geração das tecnologias.

Acredita-se que o desafio será estabelecer políticas de estímulo ao desenvolvimento tecnológico dessas empresas, bem como a adaptação de seus produtos e serviços à realidade da Indústria 4.0 no Brasil. A tarefa de qualificar as PME's como fornecedora deste tipo de solução, que passa pelo fomento à inovação, deverá assumir graus de dificuldade distintos de acordo com a cadeia produtiva e o conjunto de seus ativos tangíveis e intangíveis já detidos, indicando a importância de identificação do mapeamento dos processos e do alinhamento organizacional.

Por fim, o aspecto “Pessoas” mostra as novas formas de produção decorrentes da Indústria 4.0 exigem profissionais com formação distinta das existentes. A integração de diversas formas de conhecimento, característica desse modo de produção, exigirá equipes multidisciplinares, com elevado nível de conhecimento técnico e com capacidade de interação de diferentes áreas de conhecimento.

Sendo assim, no que se refere às competências em tecnologias dos funcionários, identificou-se uma relação familiar entre os funcionários e a tecnologia. Isto justifica-se pelo fato de utilizarem sistemas de informação e outras tecnologias durante toda sua jornada de trabalho. Contudo, possuir competências em tecnologia não é uma condição permanente. Como a evolução nos processos de produção normalmente são impulsionados pelas mudanças tecnológicas, o desafio em treinamento e capacitação destes funcionários é uma constante.

A empresa vem investindo em capacitação de seus empregados, porém como a Indústria 4.0 ainda é pouco difundida no Brasil, estas capacitações ainda não

ocorrem de forma a contemplar as demandas da Indústria 4.0. Faz-se necessário que esta visão seja difundida em todos os níveis operacionais, para que o fator recursos humanos não seja um problema crítico durante a transição da empresa para a digitalização.

Neste novo modelo de produção, os trabalhadores devem ser mais ágeis e abertos a mudanças em curto prazo, devem assumir riscos continuamente se ligando menos a procedimentos formais. Nesse sentido, é natural que os trabalhadores submetidos à potencialização das pressões de flexibilidade apresentem certa ansiedade, pois não sabem que caminhos seguir e que riscos serão compensados (MACHADO; NICOLODI, 2015).

Diante do exposto, é importante que algumas práticas sejam feitas para melhorar o nível de maturidade nos três aspectos. Perceptivamente, os três aspectos têm um nível de maturidade parecidos, porém, é preciso aumentar estes níveis de forma nivelada uma vez que a maturidade não pode ser considerada algo de forma isolada.

A empresa precisa implementar práticas que promovam a evolução do nível de maturidade, não necessariamente tentado alcançar o nível 5 em curto prazo, porém é preciso que haja um aumento progressivo, ano a ano, para que no intervalo de cinco anos esteja batendo o nível 5 de maturidade em todos os aspectos.

Da mesma forma que a empresa precisa melhorar seu nível, como fim da metodologia de desenvolvimento do modelo de maturidade, o I4.0PME precisa evoluir e ser mantido e isto será discutido no tópico a seguir.

4.6 FASE 6: MANUTENÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE

A Fase 6 recomenda que sejam criados recursos para manutenção do modelo de maturidade bem como o fomento para o uso do modelo. Para esta atividade, pretende-se disponibilizar o uso do modelo, gratuitamente, tanto na Internet quanto nas lojas de aplicativos, tais como: *Google Play* e *Apple Store*. Desta forma, pode-se coletar dados dos mais diversos tipos de empresa, enriquecendo assim a base de dados do modelo.

5 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo apresentar um modelo de maturidade para as pequenas e médias empresas de países em desenvolvimento, como o Brasil. Foi construído um modelo utilizando a metodologia de desenvolvimento de modelos de maturidade proposto por Bruin *et al.* (2005), tendo como base modelos prévios, adaptados até conceber um modelo adequado ao contexto nacional.

O modelo foi validado utilizando um painel de especialistas composto por dez especialistas de várias áreas envolvidas a produção. Infelizmente, por ser um tema recente para estes participantes, não havia nenhum especialista específico em Indústria 4.0. Haviam participantes com conhecimentos isolados de práticas para a Indústria 4.0, porém, como os conhecimentos eram complementares, o painel de especialista e as decisões tomadas nesta reunião não foram comprometidas.

O modelo proposto atendeu o que se propôs: conseguiu evidenciar um nível de maturidade de Nível 2 (Conectividade), o mesmo nível que os gestores da organização percebiam que a empresa se encontrava. Em relação aos aspectos da empresa Anhambí Alimentos, percebe-se que, somente o aspecto “Pessoas” está em um nível de maturidade maior, chegando ao Nível 3.

Desta forma, as percepções em relação ao aspecto “Pessoas” é que, individualmente, as pessoas estão em um nível de maturidade maior do que a percepção geral da empresa. Os empregados têm ideia dos impactos positivos que estas mudanças trarão, porém estão abertos às mudanças que a Indústria 4.0 irá lhes impor. A competência em tecnologia não teve o mesmo desempenho, porém este é um item que pode ser tratado com a reformulação de cursos nas áreas de engenharia, administração e entre outros, para adequar as novas necessidades dessas tecnologias.

Sobre o nível de maturidade do aspecto Tecnologia, percebeu-se uma classificação de Nível 2, contudo quando se observa individual os critérios, percebeu-se uma nota elevada para o critério referente à *Cloud Computing*, isto porque ao investir em CC, a empresa acabou promovendo a mobilidade, pois os gerentes conseguem ter as informações estratégicas de qualquer lugar, precisando apenas ter

acesso à internet. Tornou o negócio flexível, pois é possível criar ambiente de sistemas simulados idênticos ao ambiente real sem precisar investir em infraestrutura. Os ganhos da empresa vão além de redução custo, pois estas ações ajudaram na redução de consumo de energia, corroborando com uma produção sustentável.

Ao considerar o aspecto Organização, mesmo estando no Nível 2, esta precisa de uma atenção especial. Enquanto os demais aspectos tiveram uma variância entre a percepção do nível de maturidade, neste aspectos, as respostas foram mais homogêneas. Percebeu-se neste aspecto que por uma questão cultural, a organização ainda não tenha uma visão da Indústria 4.0 e de seus benefícios.

O modelo validado pela pesquisa é de extrema valia tanto para gestores os pesquisadores que pretendem medir o *status quo* de uma organização e entender quais podem ser as medidas a serem tomadas para que esta esteja preparada para as mudanças que a Indústria 4.0 irá submeter as organizações.

A contribuição prática desta dissertação ocorreu pela aplicação da ferramenta proposta em um fábrica de ração animal de médio porte que compartilha informações tanto à nível horizontal quanto à nível vertical. Espera-se que com ajustes, possa ser aplicada em qualquer indústria do mesmo porte em um país em desenvolvimento como o Brasil, haja vista que a base teórica do modelo de avaliação não é específica para o setor de produção de ração.

Ressalta-se novamente o caráter exploratório desta pesquisa. Não se pretende definir este modelo será o único plausível para a mensuração da maturidade de uma organização para o processo de digitalização para a indústria 4.0. O modelo aqui apresentado foi concebido por base em modelos descritos na literatura, a pela opinião de especialistas em engenharia de produção e a opinião de profissionais com experiência em indústria e automação industrial. Investigar a maturidade sob outros aspectos ou sob outras realidades de países, pode conduzir a resultados diferentes dos encontrados aqui.

Por fim, como trabalho futuro, pretende-se disponibilizar o modelo de maturidade no formato de um aplicativo para Internet que permita com que qualquer empresa consiga identificar seu nível de maturidade. Os dados que serão coletados por este aplicativo permitirão mantê-lo sempre atualizado bem como identificar o nível de maturidade de outras PME's e assim traçar um panorama da situação das

empresas brasileiras. Para tal, sugere-se previamente uma aplicação ou condução de múltiplos estudos de caso e/ou *survey* para testar a generalização do modelo. Alternativamente o próprio aplicativo e sua utilização e feedback dos potenciais usuários pode fornecer elementos para ajuste e generalização do modelo. De fato, entende-se que esse modelo de avaliação, assim como o tema Indústria 4.0, é dinâmico e deve passar por constantes revisões, atualizações, num processo incremental e evolutivo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVITZ, Moses. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. *The Journal of Economic History*, v. 46, n. 2, p. 385–406, 1986.
- AGARWAL, Tarun. *Different Types of Wireless Communication Technologies*. Disponível em: <<https://www.efxkits.us/different-types-of-wireless-communication-technologies/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- AL-EMADI, Hassan. Big Data Analytics: In A Qatari Travel Agency. *IS Practices for SME Success Series*. [S.l: s.n.], p. 24–27, 2013.
- ALI MAASOUMAN, Mohammad; DEMIRLI, Kudret. Assessment of lean maturity level in manufacturing cells. *IFAC-PapersOnLine*, v. 28, n. 3, p. 1876–1881, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.360>>.
- ALLTECH. *Global feed production surpasses 1 billion metric tons for first time, with fewer feed mills*. Disponível em: <<https://go.alltech.com/alltech-feed-survey>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- ANDULKAR, Mayur; BERGER, Ulrich. A multi- case study on Industry 4 . 0 for SME ' s in Brandenburg , Germany. p. 4544–4553, 2018.
- ANHAMBI. *Anhambi Institucional*. Disponível em: <<http://www.anhambi.com.br/institucional>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- ARMES, Rob *et al*. The Shift to Re-distributed Manufacture. v. 44, n. 4, p. 447–678, 2015.
- BALASINGHAM, Kajanth. Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies. p. 15, 2016. Disponível em: <http://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham_BA_MA.pdf>.
- BASSO, Ana Paula; SANTOS, Rodrigo Lucas C. Concorrência e desenvolvimento: contributos da extrafiscalidade da tributação. p. 13–40, 2012.
- BERGER, Roland. Think Act Industry 4.0: The new industrial revolution how Europe will succeed. *Roland Berger Strategy Consultants*, n. March, p. 1–24, 2014.
- BRUIN, Tonia De *et al*. Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Mode. 2005, [S.l: s.n.], 2005.
- CAMPOS, Rosana Teresa *et al*. Oficinas de construção de indicadores e dispositivos de avaliação : uma nova técnica de consenso Workshops for the construction of indicators and evaluation devices : a new technique for consensus Rosana Teresa Onocko Campos * Faculdade de Ciências Médica. *Estudos E Pesquisas Em Psicologia, Uerj, Rj*, n. 1, p. 221–241, 2010.
- CNI. *Oportunidades para a Indústria 4.0: Aspectos da demanda e oferta no Brasil*. Confederação Nacional da Indústria. Brasília: [s.n.], 2017.
- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. Rumo à Indústria 4.0. *Dissertação de mestrado*, p. 65, 2016.
- COLLI, M. *et al*. Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, v. 51, n. 11, p. 1347–1352, 2018.
- CORNELL UNIVERSITY, INSEAD and WIPO. *Global Innovation Index: Energizing the*

- World with Innovation*. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<http://www.wipo.int/publications/es/details.jsp?id=4330>>.
- CRESWELL, Jonh W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. [S.l.]: Editora Penso, 2007.
- DAVIES, Ron. Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth. *European Parliamentary Research Service*, n. September, p. 10, 2015.
- DAVIS, Jim *et al.* Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers and Chemical Engineering*, v. 47, p. 145–156, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.037>>.
- DE CAROLIS, A. *et al.* A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. [S.l.: s.n.], 2017. v. 513.
- DE CAROLIS, Anna *et al.* A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. [S.l.: s.n.], 2017. v. 513.
- DE NEGRI, Fernanda. Determinantes da capacidade de absorção das firmas brasileiras: qual a influência do perfil da mão-de-obra. *Tecnologia, Exportação e Emprego*, p. 101–122, 2006. Disponível em: <http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/Cap_4.pdf>.
- DELOITTE. Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Deloitte*, p. 1–30, 2015.
- DICIO. *Maturidade - Dicionário Online de Português*. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/maturidade/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.
- DILBEROGLU, Ugur M. *et al.* The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 11, n. June, p. 545–554, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.148>>.
- DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or hype? [Industry Forum]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, v. 8, n. 2, p. 56–58, 2014.
- EEF. *Manufacturing Britain's Future*. Disponível em: <<http://matrixni.org/wp-content/uploads/2015/04/manufacturingbritainsfuture.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2017.
- ESTÚDIO ABC. *O Brasil está pronto para a indústria 4.0?* Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/o-brasil-esta-pronto-para-a-industria-4-0/>>. Acesso em: 13 out. 2017.
- EUROPEAN COMMISSION. *Digital transformation*. Disponível em: <http://ec.europa.eu/growth/industry/policy/digital-transformation_en>. Acesso em: 27 set. 2018.
- EVANS, Peter C; ANNUNZIATA, Marco; ANNUNZIATA, Peter C. Evans and Marco. Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines. *General Electric*, p. 37, 2012.
- FIRJAN. Panorama da Inovação - Indústria 4.0. *Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro*, n. Abril, p. 20, 2016. Disponível em: <www.firjan.com.br/publicacoes>.
- FREZATTI, Fábio *et al.* Estágios do ciclo de vida e perfil de empresas familiares brasileiras. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, v. 57, n. 6, p. 601–619, 2017.

FURTADO, André Tosi; CARVALHO, Ruy De Quadros. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, p. 70–84, 2005.

GANZARAIN, J.; ERRASTI, N. Three stage maturity model in SME's towards industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 9, n. 5, p. 1119–1128, 2016.

GANZARAIN, Jaione; ERRASTI, Nekane. Three Stage Maturity Model in SME ' s towards Industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 9, n. 5, p. 1119–1128, 2016.

GERMANY TRADE AND INVEST. *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*. Disponível em: <https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/at_download/file>. Acesso em: 23 set. 2018.

GIL, Carlos Antônio. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2010.

GLIGOR, David M.; HOLCOMB, Mary C. Understanding the role of logistics capabilities in achieving supply chain agility: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 17, n. 4, p. 438–453, 2012. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13598541211246594>>.

GÖKALP, E.; ŞENER, U.; EREN, P.E. *Development of an assessment model for industry 4.0: Industry 4.0-MM*. [S.l.: s.n.], 2017. v. 770.

GÖKALP, Ebru; ŞENER, Umut; EREN, P. Erhan. Development of an assessment model for industry 4.0: Industry 4.0-MM. In: MAS, ANTONIA *et al.* (Org.). *Communications in Computer and Information Science*. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 770. p. 128–142. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67383-7_10>.

GREENWOOD, Jeremy. *The third industrial revolution : technology, productivity, and income inequality*. [S.l.]: AEI Press, 1999.

HAJRIZI, E. Smart Solution for Smart Factory. *IFAC-PapersOnLine*, v. 49, n. 29, p. 1–5, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.052>>.

HAMIDI, Saidatul Rahah *et al.* SMEs maturity model assessment of IR4.0 digital transformation. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, v. 739, p. 721–732, 2018.

HERMANN, M.; PENTEK, T. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. n. 01, p. 15, 2015.

HORTENSIUS, Dick. *Integrated management systems*. Disponível em: <<https://www.iso.org/news/2013/02/Ref1709.html>>. Acesso em: 24 set. 2018.

HUSIN, Mohd Azian; IBRAHIM, Mohamed Dahlan. The Role of Accounting Services and Impact on Small Medium Enterprises (SMEs) Performance in Manufacturing Sector from East Coast Region of Malaysia: A Conceptual Paper. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 115, n. licies 2013, p. 54–67, 2014. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042814019636>>.

HYLAND, Donna. *Industry 4.0: First solutional approaches expected from the EMO Hannover 2013*. Disponível em: <<http://www.ffjournal.net/item/11616-industry-40-first-solutional-approaches-expected-from-the-emo-hannover-2013.html>>. Acesso em: 25 set. 2018.

JÆGER, Bjørn; HALSE, Lise Lillebrygfjeld. The IoT technological maturity assessment scorecard: A case study of norwegian manufacturing companies. In: LÖDDING, HERMANN *et al.* (Org.). . *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 513. p. 143–150. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_17>.

JÄGER, Jens *et al.* Advanced Complexity Management Strategic Recommendations of Handling the “industrie 4.0” Complexity for Small and Medium Enterprises. *Procedia CIRP*, v. 57, p. 116–121, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.021>>.

JENSEN, Michael C. The Modern Industrial Revolution, Exit, and the Failure of Internal Control Systems. *The Journal of Finance*, v. 48, n. 3, p. 831–880, 1993. Disponível em:

<http://papers.ssrn.com/sol3/CiteReader_IN.cfm?abid=1364827&requesttimeout=90000%5Cnhttp://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1993.tb04022.x/pdf>.

JÚNIOR, Libório De Oliveira *et al.* Maturity Models for Industry 4 . 0 in Developing Countries : A Conceptual Framework Focusing on the Animal Feed Industry. 2018, Innsbruck: [s.n.], 2018. p. 1–12.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, n. April, p. 1–84, 2013.

KNOEDLER, Janet. *Creating Modern Capitalism: How Entrepreneurs, Companies, and Countries Triumphed in Three Industrial Revolutions*. [S.l.]: Harvard University Press, 1998. v. 32. Disponível em: <http://search.proquest.com/docview/208874166?accountid=8144%5Cnhttp://sfx.aub.aau.dk/sfxaub?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=unknown&sid=ProQ:ProQ%3Aproq&atitle=Creating+Modern+Capitalism%3A+How+Entrepreneurs%2C+Companies>. Acesso em: 18 dez. 2017.

KOHLEGGER, M.; MAIER, R.; THALMANN, S. Understanding maturity models results of a structured content analysis. *Proceedings of IKNOW '09 and ISEMANTICS '09*, n. September, p. 51–61, 2009. Disponível em: <<http://iwi.uibk.ac.at/download/downloads/Publikationen/KMM.pdf>>.

KRAVČÍK, Miloš; ULLRICH, Carsten; IGEL, Christoph. Supporting Awareness and Reflection in Companies to Move towards Industry 4 . 0. p. 1–6, 2017.

KUBITZA, Fernando *et al.* Panorama da Piscicultura no Brasil Panorama da Piscicultura no Brasil Panorama da Piscicultura no Brasil. v. 2010, n. Figura 2, p. 1–5, 2012.

LANZA, Gisela *et al.* Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, v. 111, n. 1–2, p. 76–79, 24 fev. 2016. Disponível em: <<http://www.hanser-elibrary.com/doi/10.3139/104.111462>>.

LANZA, Gisela; HAEFNER, Benjamin; KRAEMER, Alexandra. Optimization of selective assembly and adaptive manufacturing by means of cyber-physical system based matching. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 64, n. 1, p. 399–402, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.123>>.

- LEBER, Jessica. *General Electric Pitches an Industrial Internet - MIT Technology Review*. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/507831/general-electric-pitches-an-industrial-internet/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- LEYH, C. *et al.* SIMMI 4.0-a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0. 2016, [S.l: s.n.], 2016. p. 1297–1302.
- LEYH, Christian *et al.* Assessing the it and software landscapes of industry 4.0-enterprises: The maturity model SIMMI 4.0. In: ZIEMBA, EWA (Org.). *Lecture Notes in Business Information Processing*. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 277. p. 103–119. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53076-5_6>.
- LEYH, Christian *et al.* SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0. v. 8, p. 1297–1302, 2016. Disponível em: <<https://fedcsis.org/proceedings/2016/drp/478.html>>.
- LICHTBLAU, Karl *et al.* Industrie 4.0-Readiness. *Impuls-Stiftung des VDMA*, p. 0–77, 2015.
- LINS, Theo. *Industria 4.0 - Desafios Parte 1*. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/imobilis/industria-4-0-desafios-parte-1/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- LITTLE, Kayla. *IoT Systems: Sensors and Actuators*. Disponível em: <<https://dzone.com/articles/iot-systems-sensors-and-actuators>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- LIVESEY, Finbar; THOMPSON, Julian. *Making At Home , Owning Abroad a Strategic Outlook for the UK midsize Manufacturers*. Royal Society for Arts, Manufacture & Commerce. [S.l: s.n.], 2013. Disponível em: <<https://www.thersa.org/discover/publications-and-articles/reports/making-at-home-owning-abroad-a-strategic-outlook-for-the-uks-mid-sized-manufacturers>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- LOBO, Ana Paula. *Empresas brasileiras admitem investir pouco na Inovação - Convergência Digital - Inovação*. Disponível em: <<http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&infoid=39579&sid=3>>. Acesso em: 13 out. 2017.
- MACHADO, Enio Rodrigues; NICOLODI, Elaine. Mudanças no mundo do trabalho e novas exigências de qualificação dos trabalhadores. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v. 7, p. 162–173, 2015.
- MARSH, Peter. *The New Industrial Revolution: Consumers, globalisation and the end of mass production*. [S.l: s.n.], 2013.
- MARSTON, Sean *et al.* Cloud computing - The business perspective. *Decision Support Systems*, v. 51, n. 1, p. 176–189, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>>.
- MCGUIRE, Tim; MANYIKA, James; CHUI, Michael. *Why Big Data is the new competitive advantage*. Disponível em: <<https://iveybusinessjournal.com/publication/why-big-data-is-the-new-competitive-advantage/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2. ed. São Paulo: Elsevier - Campus, 2011.

- MITTAL, S.; ROMERO, D.; WUEST, T. *Towards a smart manufacturing maturity model for SMEs (SM³E)*. [S.l: s.n.], 2018. v. 536.
- MITTAL, Sameer; ROMERO, David; WUEST, Thorsten. Towards a Smart Manufacturing Maturity Model for SMEs (SM³E). n. August, p. 155–163, 2018a. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-99707-0_20>.
- MITTAL, Sameer; ROMERO, David; WUEST, Thorsten. Towards a Smart Manufacturing Toolkit for SMEs. n. July, p. 155–163, 2018b. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-99707-0_20>.
- NGAI, E.W.T *et al.* Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. *International Journal of Production Economics*, v. 146, n. 2, p. 453–464, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527312005105>>.
- OLIVEIRA, Tiago; THOMAS, Manoj; ESPADANAL, Mariana. Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information and Management*, v. 51, n. 5, p. 497–510, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2014.03.006>>.
- OOI, Keng Boon *et al.* Cloud computing in manufacturing: The next industrial revolution in Malaysia? *Expert Systems with Applications*, v. 93, p. 376–394, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.10.009>>.
- OSTRENSKY, Antonio; BORGHETTI, José Roberto; SOTO, Doris. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, 2008.
- PATRA, Swapan Kumar; MUCHIE, Mammo. Science, technology and innovation in BRICS countries: Introduction to the special issue. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, v. 9, n. 5, p. 499–501, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/20421338.2017.1380586>>.
- PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas Para o Brasil. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, p. 1–9, 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>>.
- PERESHYBKINA, Anna *et al.* How will the industry 4 . 0 transformations affect SMEs in Germany by 2030 ? n. July, 2017.
- PETRICK, James F. Development of a Multi-Dimensional Scale for Measuring the Perceived Value of a Service. *Journal of Leisure Research*, v. 34, n. 2, p. 119–134, 2002. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00222216.2002.11949965>>.
- PIGOSSO, Daniela C.A.; ROZENFELD, Henrique; MCALOONE, Tim C. Ecodesign maturity model: A management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*, v. 59, p. 160–173, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.040>>.
- PINHEIRO, José de Queiroz; FARIAS, Tadeu Mattos; ABE-LIMA, July Yukie. Painel de Especialistas e Estratégia Multimétodos: Reflexões, Exemplos, Perspectivas. *Psico*, v. 44, n. 2, p. 184–192, 2013.
- PIRES, Ana Maria de Britto. *O poder do jogo como mediador da atividade de inovação*

em micro, pequenas e médias empresas. . Salvador, Bahia: [s.n.], 2014.

PORTAL BRASIL. *Produção de peixes no Brasil cresce com apoio de pesquisas da Embrapa — Governo do Brasil*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/01/producao-de-peixes-no-brasil-cresce-com-apoio-de-pesquisas-da-embrapa>>. Acesso em: 13 out. 2017.

PRADO, Svante. *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2010. v. 58. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03585522.2010.503593>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

RABER, David; WINTER, Robert; WORTMANN, Felix. Using quantitative analyses to construct a capability maturity model for Business Intelligence. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, p. 4219–4228, 2012.

RAJNAI, Z.; KOCSIS, I. Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. 2018, [S.l.: s.n.], 2018. p. 225–230.

RIVIN, Eugene. *Mechanical Design of Robots*. 1 ed. ed. New York: McGraw-Hill Inc., 1987.

ROCKWELLAUTOMATION. *The Connected Enterprise Maturity Model*. . [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.rockwellautomation.com/rockwellautomation/innovation/connected-enterprise/maturity-model.page?>>>.

ROMANO, Vitor Ferreira; DUTRA, Max Suell. *Introdução à Robótica Industrial*. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~hermini/Robotica/livro/cap.1.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.

ROSEMANN, Michael; BRUIN, Tonia De. Towards a Business Process Mangement Maturity Model. *ECIS 2005 Proceedings of the Thirteenth European Conference on Information Systems*, n. May, p. 26–28, 2005.

ROSER, Christoph. *How Smart Factories are Changing the Manufacturing Industry - The Steel Wire*. Disponível em: <<http://globalblog.posco.com/how-smart-factories-are-redefining-the-manufacturing-industry/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

SANTOS, Nelson Duarte Berto Dos. *Indústria 4.0 : aplicação da internet das coisas na área industrial. Estudo de caso no grupo Tecnofita*. . [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em: <<https://repositorio-cientifico.uatlantica.pt/handle/10884/1139>>.

SCHIERSCH, Alexander. Inefficiency in the German Mechanical Engineering Sector. n. November, 2009.

SCHRAUF, Stefan; BERTTRAM, Philipp. Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. *Strategy & Technology*, p. pg. 1-32, 2016. Disponível em: <<https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industry4.0.pdf>><<http://www.strategyand.pwc.com/reports/industry4.0>>.

SCHUH, Günther *et al.* *Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies. Acatech StudyStudy*. [S.l.: s.n.], 2017.

SCHUMACHER, Andreas; EROL, Selim; SIHN, Wilfried. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, v. 52, p. 161–166, 2016. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>>.

SEBRAE. *Perfil das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte 2018*. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ro/artigos/perfil-das-microempresas-e-empresas-de-pequeno-porte-2018,a2fb479851b33610VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 11 out. 2018.

SEEBO. *Artificial Intelligence - The Driving Force of Industry 4.0*. Disponível em: <<https://www.seebo.com/industrial-ai/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

SEN, Doruk; OZTURK, Melike; VAYVAY, Ozalp. An Overview of Big Data for Growth in SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 235, n. October, p. 159–167, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042816315452>>.

SINDIRAÇÕES. Oportunidades, responsabilidade e sustentabilidade. *Boletim informativo do setor*, p. 4, 2017a. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2017/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2017_vs_final_port_sin_diracoes.pdf>.

SINDIRAÇÕES. *Retrospectiva do Primeiro Semestre 2017*. . [S.l: s.n.], 2017b.

STEERING COMMITTEE OF THE ADVANCED MANUFACTURING PARTNERSHIP 2.0. Accelerating U.S. Advanced Manufacturing. *Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing*, n. 2, p. 108, 2014. Disponível em: <https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/amp20_report_final.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

STONEHOUSE, George; SNOWDON, Brian. Competitive advantage revisited Michael Porter on strategy and competitiveness. *Journal of Management Inquiry*, v. 16, n. 3, p. 256–273, 2007.

SULTAN, Nabil. Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of Information Management*, v. 30, n. 2, p. 109–116, 2010.

TONELLI, F. *et al.* A Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry 4.0 Era. *Procedia CIRP*, v. 57, p. 122–127, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.022>>.

TONI, Jackson De. *Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria: Uma Contribuição ao Debate Sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo*. v. 1 ed. Brasília: [s.n.], 2017.

TROPIA, Eduardo Célio Zacharias; SILVA, Pedro Paulo; DIAS, Ana Valéria Carneiro. Indústria 4.0: Uma Caracterização Do Sistema De Produção. *XVII - ALTEC 2017 - Congresso Latino Americano de Gestão Tecnológica*, n. June, p. 0–14, 2017.

ULRICH, Klaus. *In Industry 4.0, machines take over factories*. Disponível em: <<https://www.dw.com/en/in-industry-40-machines-take-over-factories/a-17357299>>. Acesso em: 25 set. 2018.

V2COM. *Indústria 4.0: dados atualizados sobre o cenário brasileiro*. Disponível em: <<http://v2com.com/index.php/2018/08/24/industria-4-0/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

VAN STEENBERGEN, Marlies *et al.* The Design of Focus Area Maturity Models. 2010, [S.l: s.n.], 2010. p. 317–332. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-3-642->

13335-0_22>.

VERMULM, Roberto. *Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil*. . São Paulo: [s.n.], 2018. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>>.

VON ZEDTWITZ, Maximilian; GASSMANN, Oliver. Market versus technology drive in R&D internationalization: four different patterns of managing research and development. *Research Policy*, v. 31, n. 4, p. 569–588, 2002. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733301001251>>.

WENDLER, Roy. The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, v. 54, n. 12, p. 1317–1339, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2012.07.007>>.

WESTMORELAND, Phillip. *NC State to Lead Southeast Manufacturing Innovation Hub | NC State News | NC State University*. Disponível em: <<https://news.ncsu.edu/2016/06/southeast-manufacturing-innovation-hub-2016/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

WHITE, Matthew. *The Industrial Revolution*. Disponível em: <<http://teachersinstitute.yale.edu/curriculum/units/1981/2/81.02.06.x.html>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

WIESMÜLLER, Michael. Industrie 4.0: surfing the wave? *Elektrotechnik und Informationstechnik*, v. 131, n. 7, p. 197, 2014.

WU, Wei Wen; LAN, Lawrence W.; LEE, Yu Ting. Exploring decisive factors affecting an organization's SaaS adoption: A case study. *International Journal of Information Management*, v. 31, n. 6, p. 556–563, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2011.02.007>>.

APÊNDICE A

Formulário Maturidade Para Indústria 4.0

Qual categoria melhor descreve sua empresa? *

- Automobilística
 Comércio
 Energia
 Indústria
 Saúde
 Serviços Financeiros
 Setor Público
 Tecnologia e Telecomunicação
 Transporte e Logística

Qual o número de funcionários de sua empresa? *

- Até 19 funcionários
 20 a 99 funcionários
 100 a 499 funcionários
 500 ou mais funcionários

Qual o faturamento anual de sua empresa?

- Até R\$ 359.999,99
 R\$ 360.000,00 a R\$ 4.799.999,99
 R\$ 4.800.000,00 a R\$ 5.999.999,99
 R\$ 6.000.000,00 a R\$ 19.999.999,99
 Acima de R\$ 20.000.000,00

ORGANIZAÇÃO

A indústria 4.0 é mais do que apenas melhorar produtos ou processos existentes através do uso de tecnologias digitais - ela realmente oferece a oportunidade de desenvolver modelos de negócios inteiramente novos. Por isso, sua implementação é de grande importância estratégica.

01. Como você considera o alinhamento das estratégias e cultura organizacional de sua empresa para a Indústria 4.0? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, não há estratégias voltadas para a Indústria 4.0 ou a Opção 5 para "Completo", ou seja, o tema "Indústria 4.0" é bastante difundido e todas as estratégias são voltadas para atender às suas demandas

0 1 2 3 4 5

Inexistente Completo

18. Quão avançada é a digitalização dos equipamentos de produção da sua empresa (sensores, conexão IoT, monitoramento digital, controle, otimização e automação)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Fábrica física", ou seja, os equipamentos de produção são totalmente desconectados dos sistemas de TI e nenhuma informação em tempo real pode ser coletada ou a opção 5 para "Fábrica digital" onde os equipamentos de produção interconectados permitem o acesso de TI e informações são alimentadas em uma representação virtual da fábrica

	0	1	2	3	4	5	
Fábrica física	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fábrica digital

19. Como você avalia o uso que sua empresa faz do cloud computing - computação na nuvem (uso de armazenamento de arquivos, ambientes virtualizados e uso de sistemas em nuvem, etc.)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Limitado", ou seja, a empresa não faz uso de computação na nuvem ou a opção 5 para "Maduro", ou seja, toda a infraestrutura de TI (sistemas na nuvem, arquivos hospedados em nuvem, ambiente de virtualização de servidores, etc) é disponibilizada em nuvem

	0	1	2	3	4	5	
Limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Maduro

20. Como você avaliaria o grau de integração de sua cadeia de valor vertical (integração de informações entre setores e produção)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, não existe troca automática de informações ao longo da cadeia de valor vertical (por exemplo, programação manual de produção com base em planos de papel) ou a opção 5 para "Completo", ou seja, fluxo de dados contínuo ao longo da cadeia de valor vertical (por exemplo, controle direto de máquinas via integração de ERP e MES) *Marcar apenas uma oval.*

	0	1	2	3	4	5	
Inexistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completo

21. Como você avaliaria o grau de integração de sua cadeia de valor horizontal (solicitações de compras ao fornecedor, pedidos de venda dos clientes)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, não existe troca automática de informações ao longo da cadeia de valor horizontal (por exemplo, não há nenhuma integração de TI como fornecedor) ou a opção 5 para "Completo", ou seja, fluxo de dados contínuo ao longo da cadeia de valor horizontal (por exemplo, fornecedores recebem solicitação de compras integrados com o sistema ERP ou o cliente pode solicitar um pedido que também é integrado com o ERP)

	0	1	2	3	4	5	
Inexistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completo

22. Até que ponto os processos da empresa podem ser considerados seguros do ponto de vista da segurança de informação (disponibilidade de dados, integridade das informações e confidencialidade)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, não existe qualquer preocupação da empresa com relação à segurança da informação ou a opção 5 para "Completo", ou seja, todo planejamento de infraestrutura de TI preocupa-se em garantir a implementação de segurança pra que os serviços de TI estejam sempre disponíveis, por exemplo

	0	1	2	3	4	5	
Inexistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completo

23. Até que ponto seus arquivos são armazenados em nuvem? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, os arquivos são armazenado nas estações de trabalho e não é possível acessá-lo de nenhum outro local ou a opção 5 para "Completo", ou seja, todos os arquivos manipulados pela empresa ficam armazenados na nuvem e é possível acessá-los de qualquer lugar e a qualquer momento

	0	1	2	3	4	5	
Inexistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completo

24. De que forma você classificaria o uso de ferramentas para tomadas de decisão baseada em dados (como por exemplo, uso de ferramenta de BI)? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "Inexistente", ou seja, não existe nenhuma ferramenta de análise de dados dentro da organização e para tal é utilizado a compilação de vários relatórios ou a opção 5 para "Completo", ou seja, todas as pessoas que precisam têm acesso à ferramentas de análises de dados que mostram informações integradas de vários sistemas de informação

	0	1	2	3	4	5	
Inexistente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completo

25. Até que ponto você tem uma visão em tempo real de sua produção e pode reagir dinamicamente às mudanças na demanda? *

Utilize como parâmetros: Opção 0 é "De forma alguma", ou seja, a produção ocorre em cima de uma planejamento prévio o qual não permite reagir de forma flexível às mudanças na demanda ou a opção 5 para "Fábrica virtual", ou seja, visualização em tempo real da produção com recursos para alterar dinamicamente os cronogramas

	0	1	2	3	4	5	
De forma alguma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fábrica virtual

PESSOAS

As pessoas ajudam as empresas a realizar sua transformação digital e são as mais afetadas pelas mudanças no ambiente de trabalho digital. Seu ambiente de trabalho direto é alterado, exigindo que eles adquiram novas habilidades e qualificações. Isso faz com que as empresas precisem preparar seus funcionários para essas mudanças por meio de treinamento adequado e educação continuada.

31. Até que ponto a sua organização institucionaliza a colaboração em tópicos da Indústria 4.0 junto com parceiros externos como faculdades, universidades, indústria, fornecedores ou clientes? *

Utilize como parâmetros: opção 0 significa "Sem colaboração", ou seja, os tópicos da Indústria 4.0 são investigados internamente e os resultados são excluídos de organizações externas ou a opção 5 para "Completo", ou seja, a inovação da Indústria 4.0 é promovida dentro de plataformas abertas projetadas para pesquisa inter-setorial (por exemplo, ambientes de "Fábrica Inteligente", laboratórios abertos para clientes).

	0	1	2	3	4	5	
Sem colaboração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Colaboração Aberta
