

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GREGORI SCHNEIDER

O USO DAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO DESEMPENHO DO  
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: INDÚSTRIA DE  
ELÉTRICO ELETRÔNICOS NO PARANÁ

CURITIBA

2019

GREGORI SCHNEIDER

O USO DAS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO DESEMPENHO DO  
PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: INDÚSTRIA DE  
ELÉTRICO ELETRÔNICOS NO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, na Linha de Tecnologia e Inovação em Projeto, Produtos e Processos. Aplicados à Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Robson Seleme

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR  
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

---

S358u Schneider, Gregori

O uso das ferramentas da indústria 4.0 no desempenho do processo de desenvolvimento de produtos: indústria de elétrico eletrônicos no Paraná [Recurso eletrônico] / Gregori Schneider – Curitiba, 2019.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.  
Orientador: Robson Seleme

1. Indústria Elétrica. 2. Indústria Eletrônica. . 3. Desenvolvimento de produtos. I. Universidade Federal do Paraná. II. Seleme, Robson III. Título.

CDD: 621.381



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO - 40001016070P1

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **GREGORI SCHNEIDER** intitulada: **O uso das ferramentas da indústria 4.0 no desempenho do processo de desenvolvimento de produtos: indústria de elétrico eletrônicos no Paraná**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2019.

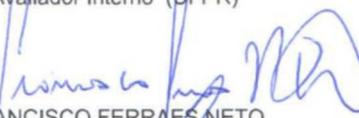


ROBSON SELEME

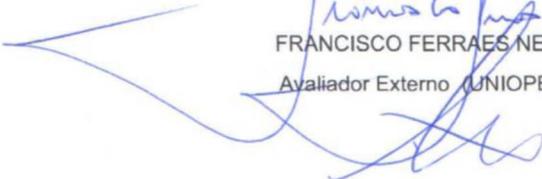
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



ARINEI CARLOS LINDBECK DA SILVA  
Avaliador Interno (UFPR)



FRANCISCO FERRAES NETO  
Avaliador Externo (UNIOPET)



IZABEL CRISTINA ZATTAR  
Avaliador Interno (UFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Robson Seleme, que depositou confiança em mim para o desenvolvimento dessa pesquisa e que me auxiliou nesse processo que além de novas contribuições para a sociedade nos permite crescer quanto profissionais.

Ao Prof. Francisco Ferraes Neto, por ter sido meu orientador na especialização e ter me aconselhado e indicado no caminho do mestrado.

Aos professores que participaram da minha banca de qualificação e defesa, pois deram grandes contribuições e novos olhares sobre a temática tratada.

A Universidade Federal do Paraná, pela contribuição de ter um programa de Mestrado, que permite aos alunos se desenvolverem academicamente.

A minha mãe, Maria Mafalda Moser, irmão, Robert Schneider, e demais familiares, pelo apoio e quem por vezes não pude compartilhar da companhia por dedicação a esse trabalho.

As empresas e funcionários, que me permitiram realizar as entrevistas e coletar informações essenciais para a pesquisa.

## RESUMO

A pesquisa e desenvolvimento(P&D) de produtos, resultando em inovação, é um dos principais fatores para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações (Souza e Sá, 2017). No caso da indústria de eletroeletrônicos a inovação também é um fator relevante, sendo que esse setor tem peso representativo no cenário brasileiro. Conforme informações da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica ABINEE (2018) o setor é responsável por aproximadamente 236 mil empregos diretos. Um dos grandes influenciadores da inovação e da produtividade atualmente, é a concepção da Indústria 4.0. A qual segundo a literatura, busca espelhar e sincronizar o mundo digital ao mundo real, por meio de vários conceitos, tecnologias e ferramentas, como: Base de Dados, Computação em Nuvem, Internet das Coisas, Realidade Aumentada, Simulações, Integração de Sistemas, Ciber Segurança, Sistemas Físicos Cibernéticos, Robôs e Sistemas Autônomos e Manufatura Aditiva. Nesse sentido, esse trabalho tem o objetivo de avaliar os usos das ferramentas relacionadas à Indústria 4.0 sobre o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos. Para alcançar os objetivos, o trabalho fundamentou-se por meio de revisões bibliográficas sobre os temas e survey com especialistas em PDP no segmento. Demonstrou-se que as tecnologias, conceitos e ferramentas da indústria 4.0, impactam no Processo de Desenvolvimento do Produto, destacando-se a redução no custo e tempo de desenvolvimento do projeto.

**Palavras-chave:** PDP. Indústria 4.0. Indústria Elétrica e Eletrônica.

## ABSTRACT

Research and development (R&D) of products, resulting in innovation, is one of the main factors to increase productivity and competitiveness of organizations (Souza and Sa, 2017). In the case of the electronics industry, innovation is also a relevant factor, and this sector has a representative weight in the Brazilian scenario. According to information from the Brazilian Electrical and Electronic Industry Association ABINEE (2018), the sector is responsible for approximately 236 thousand direct jobs. One of the major influencers in terms of innovation and productivity today, has been the conception of 4.0 Industry. Which according to literature, seeks to mirror and synchronize the digital world to the real world, through various concepts, technologies and tools, such as: Big Data, Cloud Computing, Internet of Things, Augmented Reality, Simulations, System Integration, Cyber Security, Cyber Physical Systems, Autonomous Robots and Systems and Additive Manufacturing. In this sense, this work has the objective of evaluating the impact of the tools related to 4.0 Industry on the performance of product development projects. In order to reach the objectives, the work was based on bibliographic reviews on the themes and a survey with PDP specialists in the segment. It has been demonstrated that the technologies, concepts and tools of 4.0 industry, impact on the Product Development Process, highlighting the reduction in the cost and time of development of the project.

**Key-words:** Product Development Process; 4.0 Industry; Electrical and Electronic Industry

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA GLOBAL DE COMPETITIVIDADE .....	16
FIGURA 2 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	22
FIGURA 3 - ESTRUTURA METODOLÓGICA.....	23
FIGURA 4 - EVOLUÇÃO INDUSTRIAL .....	25
FIGURA 5 - FÁBRICA INTELIGENTE.....	27
FIGURA 6 - FÁBRICAS TRADICIONAL E 4.0 .....	27
FIGURA 7 - PILARES DA INDUSTRIA 4.0 .....	28
FIGURA 8 - TECNOLOGIAS QUE POSSIBILITARÃO A 4.0 .....	28
FIGURA 9 - INTEGRAÇÃO HORIZONTAL.....	30
FIGURA 10 - INTEGRAÇÃO VERTICAL .....	31
FIGURA 11 - INTEGRAÇÃO DA ENGENHARIA ATRAVÉS DE TODA REDE DE VALOR.....	31
FIGURA 12 - EVOLUÇÕES DOS PROJETOS .....	34
FIGURA 13 - PDP - PROCESSO DE INOVAÇÃO.....	37
FIGURA 14 - PDP ABORDAGEM INICIAL DE SLACK.....	37
FIGURA 15 - FASES NA PESQUISA DE NOVOS PRODUTOS.....	38
FIGURA 16 - PDP ROZENFELD.....	38
FIGURA 17 - PDP BIRKHOFFER .....	39
FIGURA 18 - PDP MARTINS E LAUGENI – ENGENHARIA CONCORRENTE.....	39
FIGURA 19 - PDP BAXTER EXPANDIDO .....	40
FIGURA 20 - RAPID ONE-OF-KIND PRODUCT DEVELOPMENT .....	41
FIGURA 21 - PDP RIITAHUHTA.....	42
FIGURA 22 - PDP MODELO DE BOATH.....	44
FIGURA 23 - DESEMPENHO DO PDP .....	47
FIGURA 24 - PERSPECTIVAS INDÚSTRIA 4.0 .....	49
FIGURA 25 - PDP UTILIZADO POR SANTOS ET AL. (2017).....	51
FIGURA 26 - PDP MODELO DE BOATH.....	83

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICAS DAS PUBLICAÇÕES SOBRE INDÚSTRIA 4.0.....	24
--	----

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - RANKING FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL.....	16
QUADRO 2 - SEGMENTOS DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA.....	17
QUADRO 3 - TERMOS DAS 4.0 APRESENTADOS .....	32
QUADRO 4 - FATORES QUE LEVAM A PROJETOS .....	33
QUADRO 5 - DEFINIÇÕES PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	36
QUADRO 6 - FASES DE PDP NA INDÚSTRIA DE ELETRÔNICOS DA CHINA.....	43
QUADRO 7 - ABORDAGENS DA GESTÃO DE PDP .....	45
QUADRO 8 - CONTRIBUIÇÕES DO PDP .....	46
QUADRO 9 - PDP UTILIZADO POR WU ET AL. (2017) .....	51
QUADRO 10 - CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA.....	53
QUADRO 11 - RESUMO DOS CONCEITOS.....	53
QUADRO 12 - EXPRESSÕES CHAVES INDEPENDENTES - 2012 A 2018 .....	54
QUADRO 13 - EXPRESSÕES FLEXIBILIZADAS CORRELACIONADAS.....	55
QUADRO 14 - PARALELO DE PDPS GERAIS .....	59
QUADRO 15 - PARALELO DE PDPS SEGMENTO DE ELÉTRICA E ELETRONICA .....	60
QUADRO 16 - PDP PROVENIENTES DAS ÁREAS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, MARKETING E DESIGN .....	61
QUADRO 17 - RESUMO DAS INFLUÊNCIAS DA 4.0 NOS PDPS. ....	72
QUADRO 18 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA 4.0 COM O MODELO DE PDP DE BOATH .....	86

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - EVOLUÇÃO DOS EMPREGOS NO SETOR DE ELÉTRICA E ELETRÔNICA .....	18
TABELA 2 - CRESCIMENTO DO SETOR DE ELETROELETRÔNICO .....	18
TABELA 3 - TERMOS RELACIONADOS À INDÚSTRIA 4.0 .....	26
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DOS PDPS PARA SURVEY.....	63
TABELA 5 - RESULTADO QUESTÃO 2 .....	64
TABELA 6 - FERRAMENTAS ATUALMENTE UTILIZADAS.....	67
TABELA 7 - FERRAMENTAS POSSÍVEIS DE SEREM UTILIZADAS NA VISÃO DOS ESPECIALISTAS .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ANPEI	- Agência Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
CBDM	- <i>Cloud-Base Design and Manufacturing</i>
CNI	- Confederação Nacional da Indústria
IMD	- <i>Institute for Management Development</i>
P&D	- Pesquisa e Desenvolvimento
PDP	- Processo de Desenvolvimento de Produtos
PDP	- <i>Product Development Process</i>
R&D	- <i>Research and Development</i>
R&D&I	- <i>Research Development and Innovation</i>
WEF	- <i>World Economic Forum</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS .....	21
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	21
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
1.3	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	21
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>24</b>
2.1	A INDÚSTRIA 4.0.....	24
2.2	CONCEITOS DE PROJETOS E DE PDP .....	33
2.2.1	Conceito Geral de Projetos.....	33
2.2.1.1	Gestão de Projetos.....	34
2.2.2	Conceito de Processo de Desenvolvimento de Produtos e Modelos. ....	35
2.3	MODELOS DE PDP .....	36
2.3.1	Modelos gerais de PDP .....	36
2.3.2	Modelos de PDP relacionados ao segmento de Elétrica e Eletrônica ou Desenvolvimento Tecnológico.....	42
2.3.3	Modelo de PDP de Boath (1993).....	44
2.3.3.1	Gestão de PDP e Indicadores .....	45
2.3.3.2	Fatores e indicadores do desempenho do PDP. ....	47
2.4	RELAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA 4.0 E O PDP.....	48
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISES E RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1	ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE PDP.....	58
4.2	ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE AS FERRAMENTAS DA INDUSTRIA	
4.0	65	
4.3	ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE A RELAÇÃO DA INDUSTRIA 4.0 E O PDP	
	66	
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>74</b>
5.1	CONCLUSÕES SOBRE PDP.....	74
5.2	CONCLUSÕES SOBRE AS FERRAMENTAS DA INDUSTRIA 4.0.....	75

5.3	CONCLUSÕES SOBRE A ANÁLISE ENTRE AS FERRAMENTAS DA INDUSTRIA 4.0 E O PDP.....	75
5.4	RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS.....	76
	<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Souza e Sá (2017) e Fernandes (2013) uma das principais atividades para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações é a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de produtos, pois gera inovação, conhecimentos e tecnologias. Visão essa, compartilhada no artigo de Nobeliuss (2004) e também de Marzi et al. (2017), em que verifica-se, tanto a constatação de que a inovação passou a ser chave para manutenção da competitividade, quanto à dificuldade em transformar em produtos, todas as tecnologias e pesquisas desenvolvidas.

Já Milewski et al. (2015) aborda a questão tecnológica e suas mudanças no desenvolvimento de produtos e expõem que esse é um fator crítico, pois impacta no produto final e no processo produtivo. De forma análoga, Flatscher; Riel (2016) e Yin et al. (2018), comentam sobre o impacto das tecnologias, mas focam em alertar sobre a revolução e consequências que as tecnologias ou ferramentas da indústria 4.0 irão causar nos sistemas produtivos.

No caso do mercado brasileiro também verifica-se a importância do P&D, tendo em vista as notícias publicadas na Folha de São Paulo de que o Governo brasileiro criará Fundo Privado dedicado a Pesquisa e Desenvolvimento conforme Moraes e Watanabe (2018), além da publicação do Marco legal da Ciência e Tecnologia que visa incentivar o P&D e também a desburocratização do setor (ALMEIDA, NADER, 2018).

Saindo da esfera nacional, Machado e Carvalho (2013) discutem que a inovação passa a ser um tema de competitividade global entre empresas ou países. Isso se verifica no relatório do Fórum Econômico Mundial, World Economic Forum (2017), ao comparar-se as 10 economias mais competitivas com as 10 economias mais inovadoras, conforme quadro a seguir:

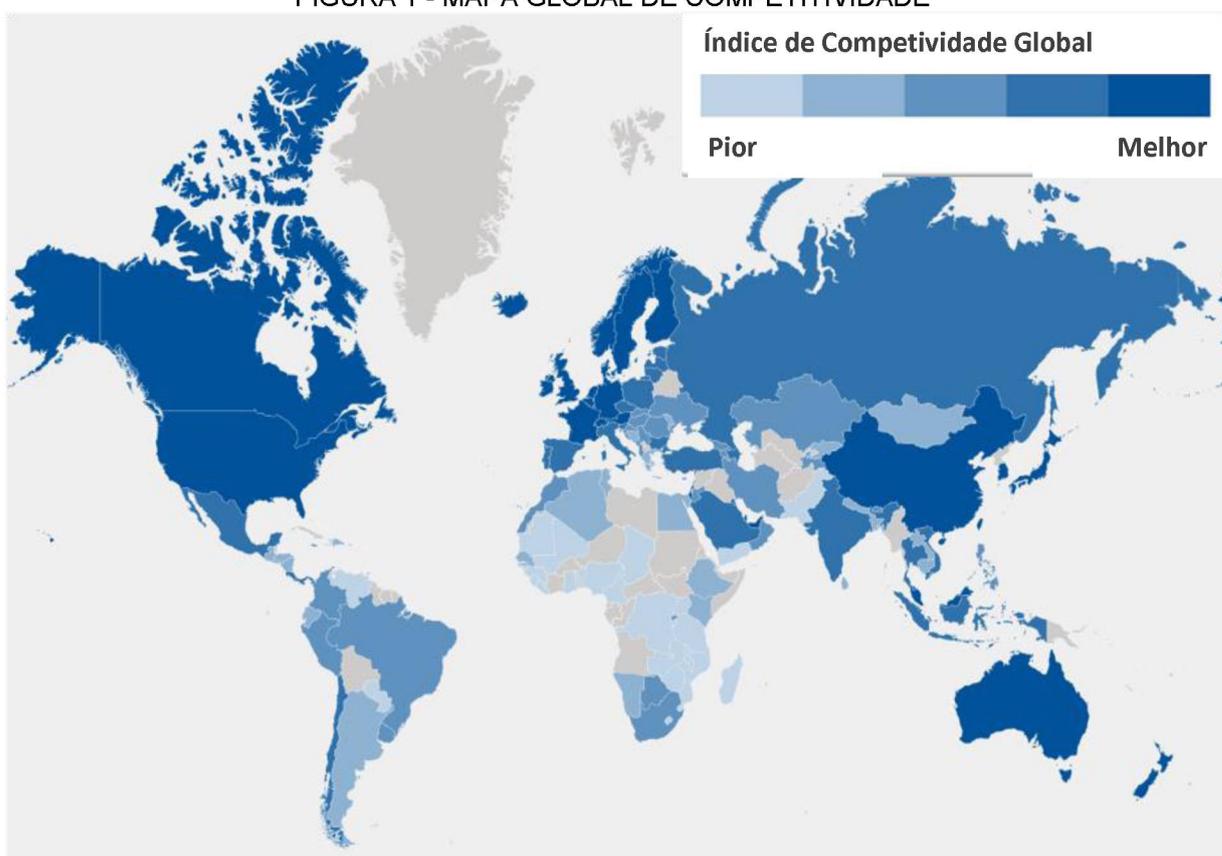
QUADRO 1 - RANKING FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL

Os Dez Mais Competitivos no Mundo		Os Dez Mais Inovadores no Mundo	
Rank Global	Relatório 2017-2018	Rank Global	Relatório 2017-2018
1	Suíça	1	Suíça
2	Estados Unidos	2	Estados Unidos
3	Singapura	3	Israel
4	Holanda	4	Finlândia
5	Alemanha	5	Alemanha
6	Hong Kong SAR	6	Holanda
7	Suécia	7	Suécia
8	Reino Unido	8	Japão
9	Japão	9	Singapura
10	Finlândia	10	Dinamarca

FONTE: Adaptado de WORLD ECONOMIC FORUM (2018A)

Pode-se ainda analisar o nível de competitividade de cada nação a nível global, conforme FIGURA 1.

FIGURA 1 - MAPA GLOBAL DE COMPETITIVIDADE



FONTE: Adaptado de WORLD ECONOMIC FORUM (2018B)

Seguindo nessa linha, outra instituição internacional que elabora análises sobre o nível de inovação e competitividade das nações é o *Institute for Management Development (IMD)* através do *IMD World Competitiveness Center*, em que demonstra-se as tendências sobre esse tema (IMD, 2018). Compreendendo esse cenário em que a Inovação e a Competitividade são perseguidas pelo mercado, esse trabalho visa compreender o impacto das ferramentas da indústria 4.0 no desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos da indústria de eletroeletrônicos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O setor industrial escolhido como foco desse trabalho é o de elétrica e eletrônica, que conforme a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2018) demonstra, é composto pelos segmentos industriais expostos na QUADRO 2.

QUADRO 2 - SEGMENTOS DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA

SEGMENTO	COMPONENTES
Automação Industrial	Equipamentos para controle de processos, automação da manufatura, controladores lógicos e numéricos, instrumentos de medição de grandezas elétricas e não elétricas, sensores, equipamentos eletroeletrônicos para uso médico-hospitalar, entre outros.
Componentes Elétricos e Eletrônicos	Semicondutores, circuitos impressos, alto falantes, chaves, conectores, capacitores, resistores, transformadores para eletrônica, entre outros.
Equipamentos Industriais	Componentes para máquinas e equipamentos, chaves, botoeiras, contatores acionamentos estáticos, motores e geradores elétricos, entre outros, relés, conectores elétricos, capacitores industriais, equipamentos para atmosferas potencialmente explosivas,
Equipamentos de Segurança Eletrônica	Equipamentos eletroeletrônicos, acessórios e sistemas para segurança patrimonial, pessoal, veicular e de combate a incêndio.
Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica	Seccionadoras, disjuntores, turbo geradores, hidro geradores, transformadores, relés de proteção, ferragens e conectores, medidores para eletricidade, painéis elétricos, entre outros.
Informática	Computadores, equipamentos de imagem e impressão, periféricos e acessórios, nobreaks, estabilizadores, equipamentos de automação comercial, entre outros
Material Elétrico de Instalação	Interruptores, plugues, tomadas, disjuntores de baixa tensão, fusíveis, reatores, chuveiros, caixas de derivação e passagem, quadros de distribuição, equipamentos de iluminação, fios, cabos e agregados, entre outros.
Serviço de Manufatura em Eletrônica	Terceirização do processo de montagem de placas de circuito impresso e de produtos eletrônicos de consumo, telecomunicações, informática, automação, entre outros.
Telecomunicações	Equipamentos de comutação pública e privada, transmissão e comunicação de dados, força, acessórios e cabos para telecomunicações, sistemas de telefonia celular, equipamentos de radiocomunicação e radiodifusão, entre outros.
Utilidades Domésticas Eletroeletrônicas	Eletrodomésticos portáteis, ferramentas elétricas manuais, eletroeletrônica embarcada, entre outros.

FONTE: Adaptado de ABINEE (2018)

Esse setor tem peso no cenário brasileiro e é responsável por mais de 236 mil empregos diretos, (ABINEE, 2018), contra os 90,887 milhões de trabalhadores formais do país divulgado pelo IBGE(Valor Econômico, 2018) no início de 2018. O que corresponde a 2,6 por cento das dos empregos formais. Para efeito de comparação, a média de emprego direto no setor de auto veículos foi de 111 mil, divulgado em janeiro de 2018 pela ANFAVEA (2018).

TABELA 1 - EVOLUÇÃO DOS EMPREGOS NO SETOR DE ELÉTRICA E ELETRÔNICA

MESES	SALDO	TOTAL DE EMPREGADOS
JUL / 2017	284	234.879
AGO / 2017	576	235.455
SET / 2017	404	235.859
OUT / 2017	1.310	237.169
NOV / 2017	-192	236.977
DEZ / 2017	-2.804	234.173
JAN / 2018	2.709	236.882

FONTE: Adaptado de ABINEE (2018)

Além disso, as projeções da ABINEE(2018), preveem que o setor também tem a perspectiva de crescer mais de 7% em 2018, percentual superior as perspectivas do país, TABELA 2.

TABELA 2 - CRESCIMENTO DO SETOR DE ELETROELETRÔNICO

Atividade Industrial	jan/18 x dez/17 (sem ajuste sazonal)	jan/18 x dez/17 (com ajuste sazonal)	jan/18 x jan/17	acumulado em 12 meses
- Indústria Geral	1,9%	-2,4%	5,7%	2,7%
- Indústria Extrativa	-0,4%	2,2%	0,0%	3,5%
- Indústria de Transformação	2,2%	-2,8%	6,7%	2,7%
- Indústria Eletroeletrônica	17,4%	-1,9%	17,4%	7,2%
- Indústria Eletrônica	30,9%	-0,5%	31,9%	20,2%
- Indústria Elétrica	5,6%	-3,3%	4,9%	-2,6%

FONTE:ABINEE (2018)

Outra avaliação feita, mostrou um faturamento de 129,4 bilhões de reais em 2016 contra o PIB do Brasil de 6,266 trilhões, para o mesmo ano e o registro em 2017 de um faturamento de aproximadamente 136 bilhões. Quanto a balança comercial, em janeiro de 2018 as exportações do setor foram registradas em 407,9 milhões de dólares, no mesmo período as importações totalizaram 2,93 bilhões de dólares, conforme dados da ABINEE (2018) e IBGE(2018). Sua representação junto à Agência Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI), é da ordem de 7% em número de participantes ANPEI (2018).

Além de sua importância econômica, o setor é um dos mais impactados em inovações de acordo com Bočková; Meluzín (2016) e Grunsven; Hutchinson (2016). Nesse sentido, Gama; Seabra (2017) publicaram notícia informando a criação de uma Frente Parlamentar para incentivar e fomentar a Indústria Elétrica e Eletrônica no quesito inovação, no Brasil. Esse tipo de incentivo segue o que foi abordado no artigo de Grunsven; Hutchinson (2016), o qual demonstra que o investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação geram impactos positivos, economicamente e no nível de competitividade.

Isso se prova também, por meio da matéria publicada pela CNI (Confederação Nacional da Indústria) que informa que uma parceria entre Instituto SENAI e WEG gerou inovação para a área de inspeção de componentes eletroeletrônicos (FIESC 2017). Além dessa matéria a CNI também divulgou, artigo da FIEMG (2017), demonstrando que o Brasil terá o maior complexo para inovação da América Latina, o qual será do Instituto SENAI de Inovação, projeto que trará ao país infraestrutura de P&D&I, fomentando o setor industrial. Principalmente, que irá beneficiar a base industrial de fornecedores da cadeia elétrica.

Outra matéria relevante ao tema, escrita por Abreu e Ely (2017), traz a afirmação da Presidente do Conselho de Competitividade dos Estados Unidos, Deborah Wince Smith, que aponta que o Brasil precisa investir no talento para que a inovação cresça no país. No mesmo Fórum, ela afirmou que a tendência mundial para o setor industrial vai no caminho da manufatura avançada e ainda citou a empresa Embraer como exemplo de empresa que está no caminho da 4ª revolução industrial.

Ainda segundo essa matéria:

“Para os especialistas Peter Post e Steven Ashby, o aumento da eficiência energética, a redução dos custos de manutenção e o conhecimento sobre a performance operacional dos produtos ao longo de toda sua vida útil, são apenas algumas aplicações do que se convencionou chamar de Indústria 4.0. Ambos falaram sobre como a digitalização na manufatura e a automação podem resultar em ganhos para a indústria e principalmente para a sociedade.” (ABREU E ELY, 2017)

Seguindo o que trataram esses especialistas e a Presidente do Conselho de Competitividade dos Estados Unidos, verificou-se que no Brasil, já existem anúncios de que em 2018 o Governo propõe um pacote de incentivo para a modernização da

indústria nacional seguindo as premissas da indústria 4.0, conforme matéria do Valor Econômico. (PUPO E SIMÃO, 2018).

Compreendendo esses aspectos, o presente trabalho contribui para a academia, ao pesquisar e avaliar os modelos de processos de desenvolvimentos de produtos (PDP) da indústria de elétrica e eletrônica e os contrapor com as ferramentas, conceitos e tecnologias da 4ª revolução industrial. Projetando seus impactos sobre a forma de como os projetos de desenvolvimento dos produtos são realizados. Já para a indústria elétrica e eletrônica, a contribuição se dá no sentido de compreenderem os usos das ferramentas da indústria 4.0 e os impactos nos modelos de PDP, como os ambientes virtuais, a internet das coisas, a massividade de informações.

Nesse momento ressalta-se que existem diferenças entre os termos: conceito, tecnologia e ferramenta. O primeiro, de acordo com Maculan; Lima (2017), pode ser entendido como algo relativo ao mundo das ideias, compreendendo noções ou conhecimentos sobre algum tema em específico. O segundo, pode ser compreendido como uma ciência que aplica conhecimentos científicos e técnicas para determinado fim. Ou seja, conforme Veraszto et al. (2009), a tecnologia pode ser entendida como um conhecimento aplicado a prática, derivado de conhecimento teórico científico. O último traz a ideia de utensílios, instrumentos ou mecanismos, físicos, virtuais ou intelectuais, utilizados no desenvolvimento de alguma atividade.

Dessa forma, o termo “Manufatura Aditiva” adotado pela indústria 4.0 pode ser compreendido como um conceito. O qual tem em sua concepção a aglutinação de frações de materiais como forma de construir itens mais complexos. A partir do conceito e aplicando técnicas e conhecimentos surgem algumas tecnologias de Manufatura Aditiva como: Eletrodeposição, Estereolitografia, Sinterização a Laser, Modelagem por Deposição de Material Fundido, entre outras.

Por fim, na tecnologia de Modelagem por Deposição de Material Fundido, podemos considerar como ferramenta uma impressora 3D, que se utiliza da deposição de polímeros, como o Nylon, na fabricação de componentes. Nesse sentido, esse trabalho se utiliza dos três termos para melhor compreensão do tema Indústria 4.0 e seus componentes. Sendo que emprega termo “ferramenta” tanto sobre o viés de algo físico, como uma máquina, quanto em uma compreensão mais generalista que abrange aspectos intelectuais, conhecimentos e técnicas, e virtuais, softwares.

Sendo assim a pesquisa visou responder: Como as ferramentas, tecnologias e conceitos relacionados a Indústria 4.0 impactam sobre o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos na Indústria Elétrica e Eletrônica?

## 1.2 OBJETIVOS

Para responder o problema de pesquisa foram estabelecidos os seguintes objetivos geral e específicos:

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os usos das ferramentas, tecnologias e conceitos vinculados a Indústria 4.0, no desempenho de um modelo conceitual de processo de desenvolvimento de produto no contexto da indústria de elétrica e eletrônica em Curitiba - Paraná.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

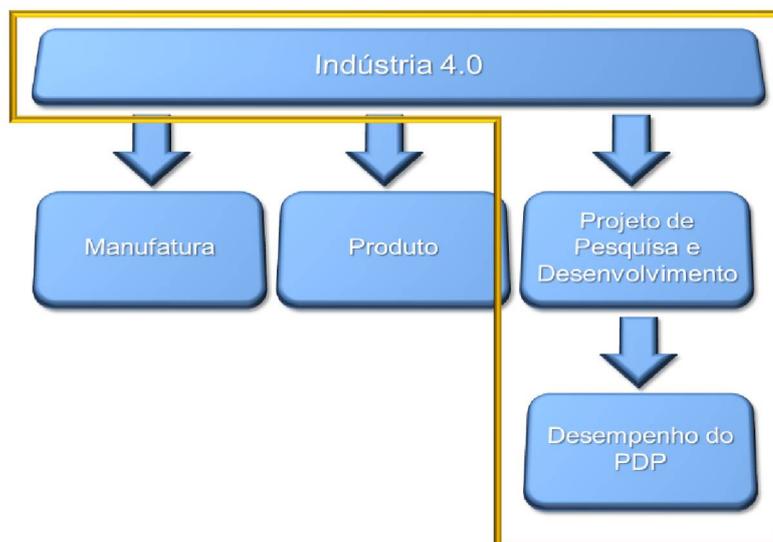
- a) Pesquisar os modelos de processos de desenvolvimento de produtos utilizados na indústria de eletroeletrônicos e seus indicadores relevantes;
- b) Pesquisar as características das principais ferramentas ou tecnologias da indústria 4.0;
- c) Analisar a influência dos componentes da Indústria 4.0 no modelo conceitual do planejamento do processo de desenvolvimento de produtos.

## 1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho se limita em analisar os modelos de processo de desenvolvimento de produtos e formas de avaliação dos mesmos na indústria, em específico no setor de Elétrica e Eletrônica. Dentro desse segmento o trabalho restringiu-se as empresas que são registradas no Sindicato das Indústrias Eletroeletrônicas do Estado do Paraná (SINAEES-PR) e que possuem produtos próprios. Correspondendo a 60 indústrias cadastradas, sendo 42 com produtos próprios.

Nesse sentido, o trabalho avaliou quais as influências das ferramentas relacionadas a indústria 4.0 no processo de desenvolvimento de produto, conforme FIGURA 2.

FIGURA 2 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA



FONTE:O autor (2019)

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

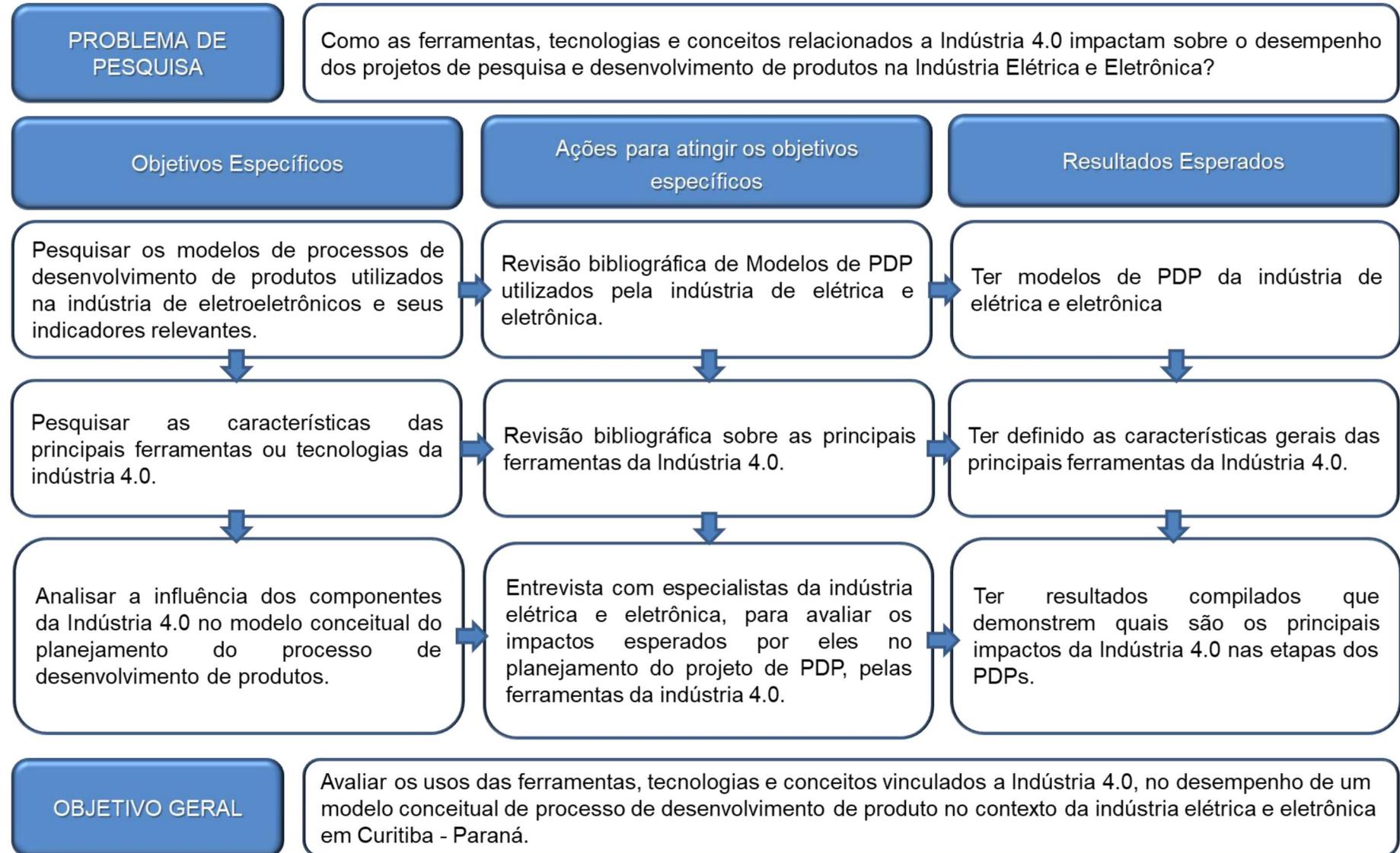
O presente documento é uma dissertação com a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1:** Aborda a relevância do tema, justificativa, problema a ser respondido, os objetivos gerais e específicos, delimitação, e um breve esquema referente à metodologia da pesquisa.
- **Capítulo 2:** Trata da fundamentação teórica e informações encontradas sobre a Indústria 4.0, sobre os modelos de PDP e sobre a relação que a bibliografia já faz sobre os dois temas.
- **Capítulo 3:** Apresenta o enquadramento, a metodologia e os procedimentos aplicados, visando alcançar os objetivos da pesquisa.
- **Capítulo 4:** Esse capítulo demonstra os resultados e análises decorridos da pesquisa em relação ao levantamento bibliográfico e referente ao survey aplicado, fazendo um paralelo entre os dois.
- **Capítulo 5:** No último capítulo foram expostos os resultados, demonstrando que a Indústria 4.0 de fato tem influência sobre o PDP, bem como demais conclusões da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

#### 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para facilitar o entendimento dos procedimentos metodológicos utilizados para cumprir os objetivos deste trabalho, a figura abaixo é uma estrutura resumida do problema da pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos, ações para atingi-los e resultados esperados.

FIGURA 3 - ESTRUTURA METODOLÓGICA



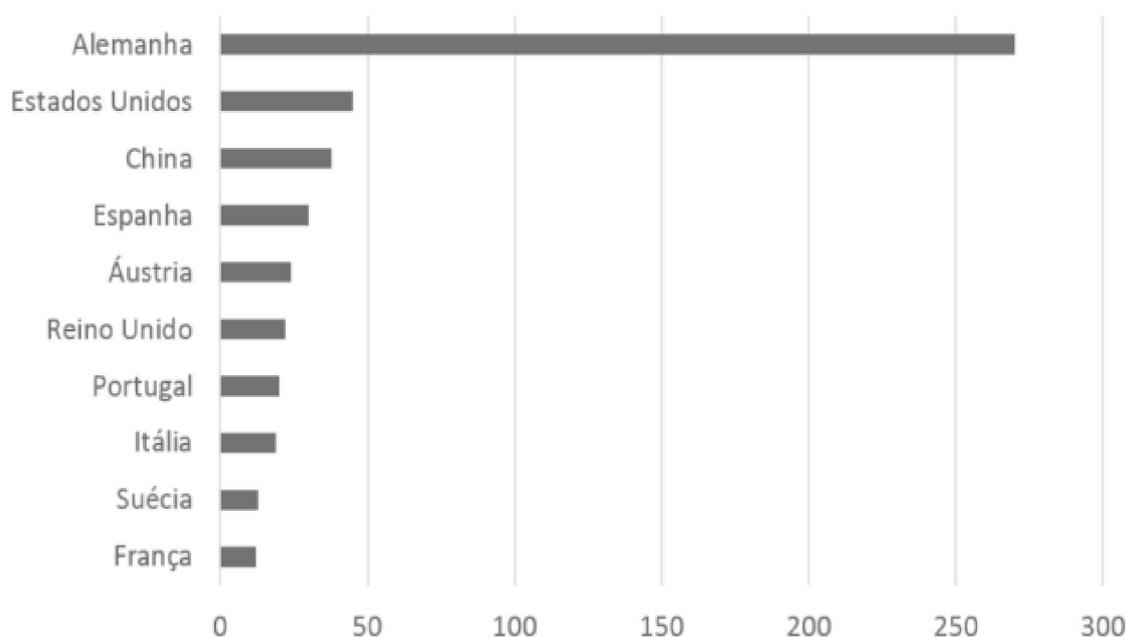
FONTE:O autor (2019)

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A INDÚSTRIA 4.0

Ao analisar as publicações sobre a Indústria 4.0, evidenciou-se que existe quantia relevante de artigos acadêmicos. Além disso, a análise feita por Neto et al. (2017) demonstra que a concentração de pesquisas sobre o tema predomina geograficamente na Alemanha, GRÁFICO 1, devido ser o país originador do termo.

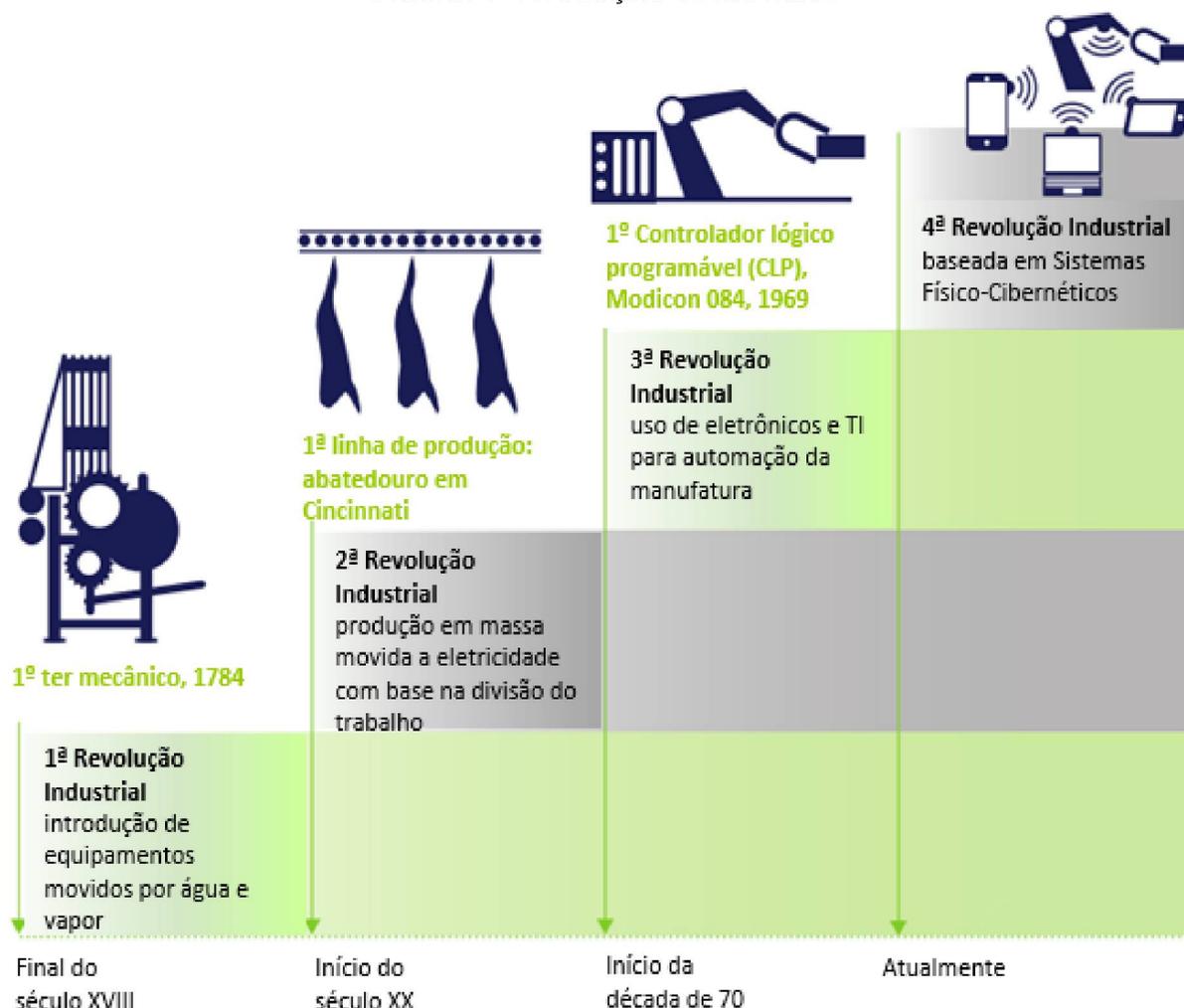
GRÁFICO 1 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICAS DAS PUBLICAÇÕES SOBRE INDÚSTRIA 4.0



FONTE:NETO ET AL. (2017)

Quanto ao entendimento teórico do conceito de Indústria 4.0 um dos primeiros materiais a serem estudados foi o “*Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*” da ACATECH (2013) e do Ministério da Educação e Pesquisa Alemão. Nesse documento percebe-se que o termo Indústria 4.0 advém de uma iniciativa do Governo e Indústria alemã, fato esse também exposto por Yin et al. (2018). Porém, conforme explorado pelos autores Neto et al. (2017), a cunhagem desse termo por seus criadores é resultado de uma série de evoluções históricas.

FIGURA 4 - EVOLUÇÃO INDUSTRIAL



FONTE: Adaptado de ACATECH (2013)

Seguindo essa linha, no documento da ACATECH (2013), é demonstrado que um dos grandes marcos para a 4ª revolução industrial foi à internet das coisas e serviços. Que permite, segundo o documento, a criação de um mundo cibernético espelhado ao mundo real. Sendo os sistemas cibernéticos um dos conceitos principais dentro do tema, conforme Lee et al. (2015) e evidenciado na FIGURA 4.

Esses autores explicam que o *Cyber-Physical Systems (CPS)*, sistemas físico-cibernéticos, é a interconectividade entre os ativos físicos e as tecnologias computacionais, conceito que se confunde com o *Internet of Things (IoT)*, internet das coisas, explorado por Xu et al. (2014). Inclusive, esses últimos demonstram que uma das barreiras vencida, para que fosse possível tornar realidade o IoT e o CPS foi o avanço do protocolo IPv4 para o IPv6, que aumenta a quantidade possível de registros digitais dos equipamentos físicos.

Entre os autores estudados encontra-se Lasi et al. (2014), que discutem que a Indústria 4.0 é um conjunto de conceitos. Para esses autores os principais são:

- *Smart Factory* – Fábrica Inteligente.
- *Cyber-Physical Systems* - Sistemas Físico-Cibernético.
- *Self-organization* – Auto-Organização.
- *New systems in distribution and procurement* – Novos Sistemas em Distribuição e Compras.
- *New systems in the development of products and services* – Novos Sistemas em Desenvolvimento de Produtos e Serviços.
- *Adaptation to human needs* – Adaptação as necessidades humanas.
- *Corporate Social Responsibility* – Responsabilidade Social das Corporações.

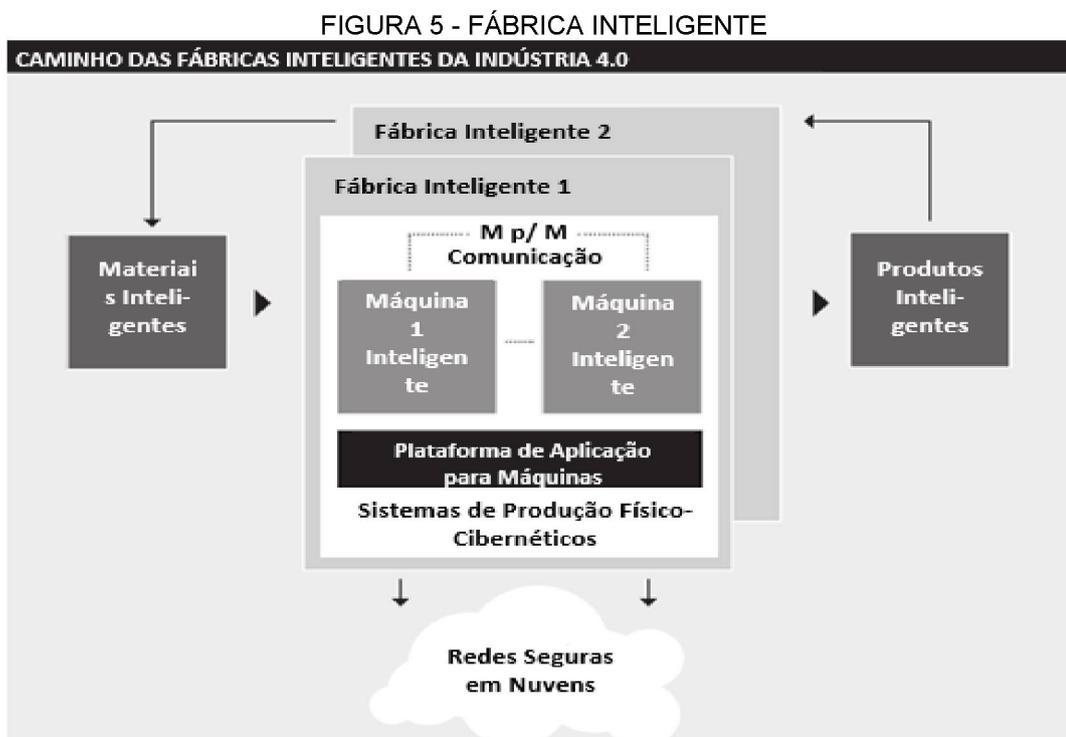
Já na revisão feita pelos autores Neto et al. (2017), os termos mais relacionados à indústria 4.0 em ordem de dos mais citados para os menos citados, aparecem na TABELA 3.

TABELA 3 - TERMOS RELACIONADOS À INDÚSTRIA 4.0

Ordem	Termos Relacionados Diretamente a Indústria 4.0	Ordem	Termos Relacionados Diretamente a Indústria 4.0
1	Embedded systems	12	Digital storage
2	Cyber physical systems (CPSs)	13	Digital twin
3	Industrial revolutions	14	Distributed systems
4	Internet of Things (IOT)	15	Enabling technologies
5	Big data	16	Knowledge based systems
6	Distributed computer systems	17	Knowledge representation
7	Cloud computing	18	Learning factory
8	Data handling	19	Set knowledge experience structure (SOEKS)
9	Industrial wireless network	20	Virtual engineering
10	Advanced manufacturing	21	Virtual reality
11	Decisional DNA		

FONTE: Adaptado de NETO ET AL. (2017)

Yin et al. (2018) também levantam alguns dos termos mais relacionados a 4.0, sendo eles: sensores, internet das coisas, base de dados, computação em nuvem, inteligência artificial, automação, robôs, sistemas físico-cibernéticos, impressão 3D e veículos elétricos. Esses autores classificam esses itens como sendo tecnologias da 4.0. Fica um pouco mais claro as aplicações de alguns dos termos pela FIGURA 5, em que é nota-se o uso dos conceitos de fábrica inteligente, sistemas físico-cibernéticos e rede de nuvens seguras.



FONTE: Adaptado de GTAI (2014)

Essas aplicações também são expostas pela BCG (2015) na FIGURA 6, porém nesse contexto os autores afirmam que muitas das tecnologias da Indústria 4.0 já existem nas indústrias em geral, por meio do conceito de fábrica inteligente. Contudo o grande avanço se dará através da integração total das células produtivas, da automatização do fluxo de produção, do mundo virtual e outros conceitos.

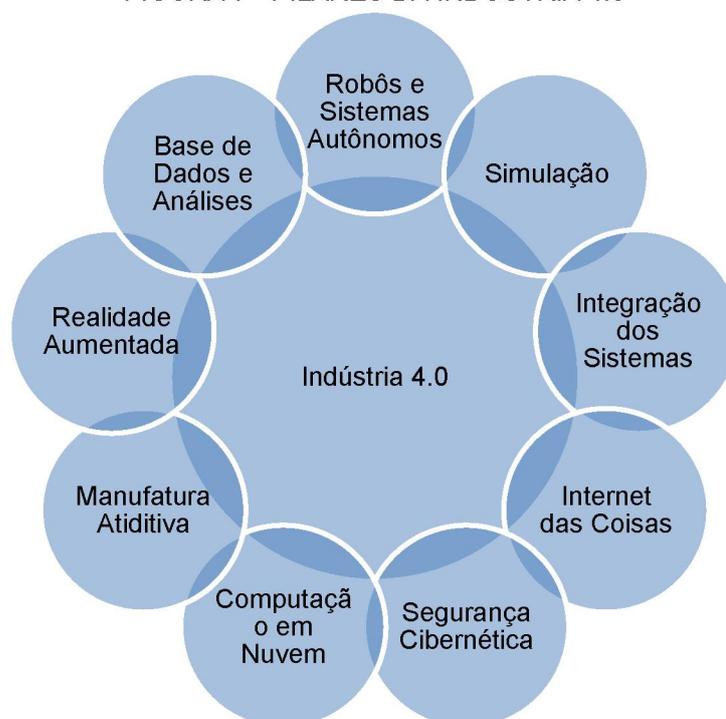
FIGURA 6 - FÁBRICAS TRADICIONAL E 4.0



FONTE: Adaptado de BCG (2015)

Já a ABINEE (2017) e a BCG (2015) organizam essas ferramentas ou tecnologias da Indústria 4.0 em nove grandes grupos, que chamam de “Pilares da Indústria 4.0”, apresentado na FIGURA 7

FIGURA 7 - PILARES DA INDUSTRIA 4.0



FONTE: Adaptado de BCG (2015), ABINEE (2017) E LCR 4.0 AND EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND (2018),

A ABINEE (2017) também classifica em 4 grupos as tecnologias, FIGURA 8, que segundo ela, viabilizarão a implantação da indústria 4.0. Tecnologias essas que também são citadas ACATECH (2013), mas não de maneira classificada.

FIGURA 8 - TECNOLOGIAS QUE POSSIBILITARÃO A 4.0



FONTE: ABINEE (2017)

A partir dos materiais e trabalhos de LCR 4.0 And European Regional Development Fund (2018), BCG (2015), ACATECH (2013) é compreende-se melhor a relevância e os conceitos desses nove pilares. Além desses pilares, como demonstrado por Neto et al. (2017) e Lasi et al. (2014) existem outras tecnologias e conceitos envolvidos na 4.0. A seguir serão explorados de maneira resumida o conceito de algumas das tecnologias mais vinculadas com a quarta revolução industrial, segundo os autores.

- *Big Data*

O termo *Big Data* se refere ao alto volume de dados virtuais, que são complexos, diversos, heterogêneos e que provêm de múltiplas e autônomas fontes, com controles distribuídos, descentralizados e velozes. (Furlan; Laurindo, 2017, citado por McAfee & Brynjolfsson, 2012; Wu et al., 2014; Zhang et al., 2014b). Conforme Tan et al. (2015), o *Big Data* ou grandes bases de dados podem ir desde coordenadas de GPS até as informações que estão nas redes sociais. Podendo incorporar textos, áudios e vídeos.

- Realidade Aumentada

Billinghurst et al. (2015) traz a definição de Azuma, (1997) para Realidade Aumentada, afirmando que essa é a tecnologia que deve possuir três aspectos combinados, sendo eles: Combinação do ambiente real e virtual, Interação em tempo real e Registros e Projeções tridimensionais.

- Internet das Coisas (*Internet of Things*)

Segundo Kranenburg, (2008, citado por Xu et al., 2014) a Internet das coisas é uma infraestrutura global e dinâmica, com capacidade de autoconfiguração através de protocolos em que coisas físicas e virtuais terão identidades, atributos, personalidades e interfaces.

- Computação em Nuvem (*Cloud Computing*)

Xu (2012) aborda que a computação em nuvem é um modelo que dispõe de uma rede de recursos computacionais, acessíveis de maneira conveniente e sob demanda. Que pode ser utilizada e adaptada de maneira rápida e sem grandes custos e dependências de provedores.

- Ciber Segurança (*Cyber Security*)

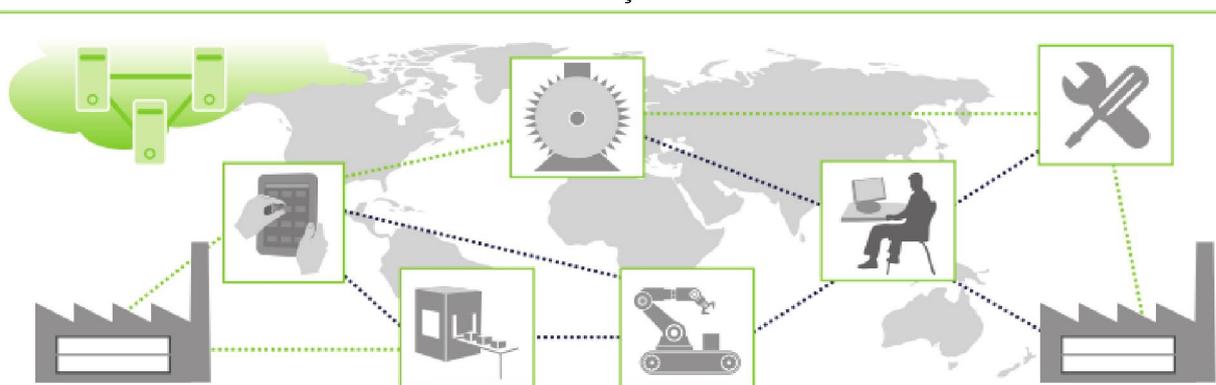
Solms; Niekerk (2013) exploram que *Cyber Security*, não é apenas a segurança do mundo cibernético, mas também a proteção daqueles que utilizam esse espaço e de seus ativos. Compreendendo a proteção de todas as informações e dados de usuários, equipamentos e processos.

- Integração de Sistemas (*Systems Integration*)

Wanyama et al. (2018) assim como ACATECH (2013) e Oesterreich; Teuteberg (2016) mencionam que para a indústria 4.0 conseguir ser implementada é preciso de três integrações sistêmicas. Sendo elas:

- Integração Horizontal: refere-se à integração de vários sistemas de TI utilizados em diferentes estágios da produção e do planejamento da empresa. Exemplos: Logística *inbound* e *outbound*, produção e marketing, conforme FIGURA 9. (ACATECH, 2013). Ou seja, uma integração de itens e estágios sequências da produção e cadeia produtiva.

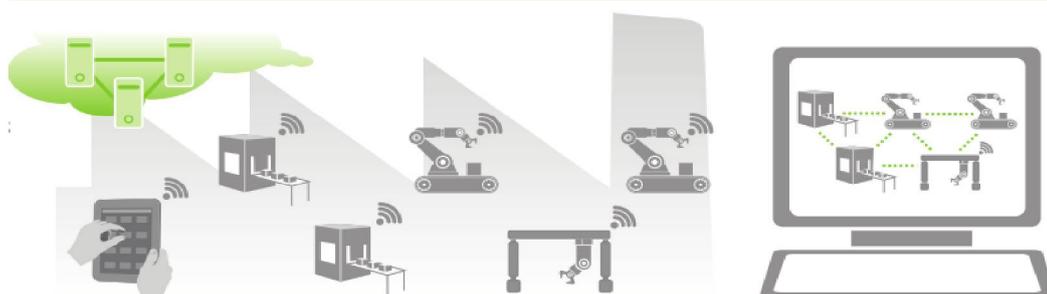
FIGURA 9 - INTEGRAÇÃO HORIZONTAL



FONTE: ACATECH (2013)

- Integração Vertical: segundo a ACATECH (2013) está relacionada a integração de vários sistemas de TI em diferentes níveis de hierarquia. Exemplos: Sensores e máquinas, controles, plano de produção, plano estratégico da empresa, conforme FIGURA 10. Nessa figura, nota-se ao contrário da anterior, que os itens a serem integrados estão dentro de uma mesma estrutura, mas são integrados desde de componentes, passando por etapas maiores de produção, chegando aos sistemas de controle e planejamento.

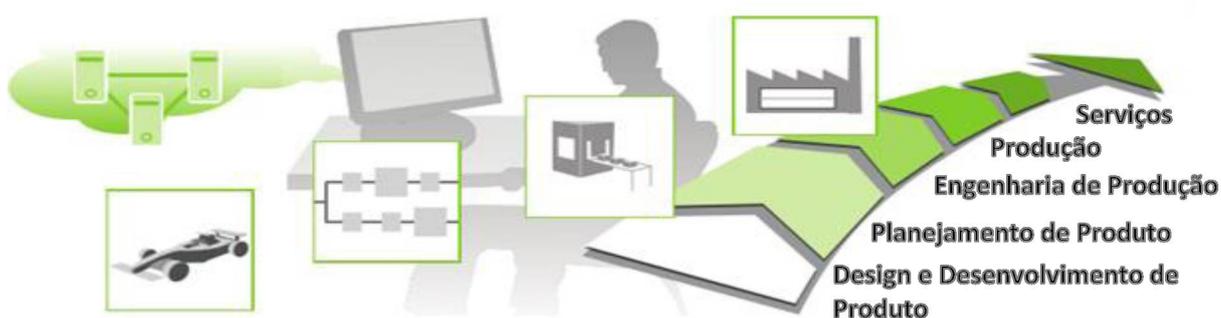
FIGURA 10 - INTEGRAÇÃO VERTICAL



FONTE: ACATECH (2013)

- c. *End-to-end engineering*: É a integração da engenharia de ponta a ponta e de toda a cadeia de valor, tanto do produto, quanto do sistema de manufatura, para dar suporte a customização de produtos, conforme FIGURA 11. (WANG ET AL., 2016). Essa integração vai desde o projeto de um produto até o uso do consumidor final e seu caminho de retorno, dando base de análise a cadeia de valor.

FIGURA 11 - INTEGRAÇÃO DA ENGENHARIA ATRAVÉS DE TODA REDE DE VALOR



FONTE: Adaptado de ACATECH (2013)

- Sistemas Físicos Cibernéticos (*Cyber Physical Systems*)

Azevedo (2017) menciona que *Cyber Physical Systems (CPS)* é um ambiente de sistemas integrados com sensores inteligentes que podem se auto ajustar ou configurar automaticamente os processos de produção de forma descentralizada e em conformidade com os dados coletados e analisados em tempo real. Para isso cada componente físico teria uma réplica no mundo virtual.

- Máquinas que aprendem (*Machine Learning*)

Ao ler o trabalho de Azevedo (2017) é compreende-se que o *Machine Learning*, corresponde a habilidade de uma máquina, principalmente computador, de conseguir apreender sem ter sido programada, ou melhor dizendo, sem intervenção direta.

- Fábrica Inteligente (*Smart Factory*)

Para Radziwon et al. (2014) a Smart Factory é uma solução de manufatura que fornece processos flexíveis e adaptativos que resolverão problemas ao surgirem. Que seria alcançada via integração de software, hardware e automação industrial.

- Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing*)

Como pode ser visto no trabalho de Chen (2017) a Manufatura Aditiva está relacionada a chamada impressão 3D no universo da 4.0. Porém, Oesterreich; Teuteberg (2016) afirmam que é uma tecnologia que permite a manufatura automática de estruturas complexas por meio da deposição de material camada sobre camada.

- Robôs e Sistemas autônomos (*Autonomous Robots and Systems*)

A partir dos trabalhos de Pereira; Romero (2017), Balasingham (2016), Monostori (2014), ACATECH (2013) e Nakayama (2017) compreende-se que o conceito de “autônomo”, é importante para a indústria 4.0, tanto por meio de robôs que poderão atuar sem necessidade de supervisão ou intervenção, quanto através de sistemas que conseguirão trocar e analisar dados de mesma forma, como “robôs virtuais”.

- Simulações (*Simulations*)

Segunda a BCG (2015), as simulações já são utilizadas pelas empresas, simulando produtos em ambientes 3D, materiais e processos, na fase de projeto de engenharia ou projeto de produto. O que abordam é que a simulação passará a ser em tempo real e será um espelho da realidade do mundo físico. Sendo simulado, desde os processos nos projetos até as configurações das máquinas no processo produtivo. Como exemplo, citam o caso da Siemens e uma desenvolvedora de máquinas alemã, que já tem feito simulações nesse sentido.

Dentro desses conceitos, tecnologias e ferramentas apresentados, o trabalho restringiu-se em 10 delas para efeito das discussões junto aos especialistas. Sendo que outras supracitadas, foram explicadas para conseguir formar a visão geral da Indústria 4.0. ou por terem sido citadas pelos especialistas.

QUADRO 3 - TERMOS DAS 4.0 APRESENTADOS

Big Data	Robôs e Sistemas autônomos
Realidade Aumentada	Simulações
Internet das Coisas	Ciber Segurança
Computação em Nuvem	<i>Cyber Physical Systems</i>
Manufatura Aditiva	Integração de Sistemas

FONTE: O autor (2019)

## 2.2 CONCEITOS DE PROJETOS E DE PDP

Primeiramente é preciso compreender a diferença entre P&D e PDP. O P&D pode ser definido como Pesquisa e Desenvolvimento, em inglês Research and Development (R&D), abordado por Juran e Godfrey (1998) como um conceito mais abrangente e que pode ser aplicado a pesquisas e desenvolvimentos focados em qualidade, em processo ou em produtos. Já o PDP, Processo de Desenvolvimento de Produtos, na visão Onoyama (2011) é um processo de negócio essencial nas organizações e focado exclusivamente no produto, pois dele surge a renovação e criação de novos produtos, objetivando conquistar mercados, incorporar tecnologias e adequar-se a novos padrões. Sendo que ambos podem ser vistos como projetos.

### 2.2.1 Conceito Geral de Projetos

Juran e Godfrey (1998) e Rozenfeld et al. (2006), afirmam que projetos são atividades que estão organizadas de maneira estruturada e sequenciadas, com um objetivo específico. Juran e Godfrey (1998) ,também comentam sobre outro termo relevante ao trabalho que é o desenvolvimento. Mencionando que desenvolvimento é a tradução de achados em pesquisas ou outros conhecimentos em um plano de ação, com uma intenção específica. Esses dois conceitos Projetos e Desenvolvimento, estão tanto ligados a inovação, quanto aos novos produtos.

Além do conceito de projeto é importante compreender quais os motivos de existirem. Nesse sentido, dentro da sexta edição do PMBOK do PMI (2017), é verifica-se alguns dos motivos pelos quais surgem os novos projetos, conforme QUADRO 4. Para essa pesquisa o mais relevante é criação de novos produtos. Nesse sentido é considera-se o PDP de uma maneira mais ampla, ou seja, um projeto. O que corrobora com a visão de Onoyama (2011).

QUADRO 4 - FATORES QUE LEVAM A PROJETOS

Fator específico	Exemplos de fatores específicos
Nova tecnologia	Uma empresa de eletrônicos autoriza um novo projeto para desenvolver um notebook mais rápido, mais barato e menor com base em avanços na tecnologia de memória computacional e eletrônica.
Forças concorrenciais	Preços mais baixos de produtos de um concorrente resultam na necessidade de reduzir os custos de produção para manter a competitividade
Problemas de materiais	Uma ponte municipal desenvolveu rachaduras em alguns dos suportes, o que resultou em um projeto para corrigir os problemas
Mudanças políticas	Um representante recém-eleito promove mudanças no financiamento de um projeto atual

QUADRO 4 - FATORES QUE LEVAM A PROJETOS

(conclusão)

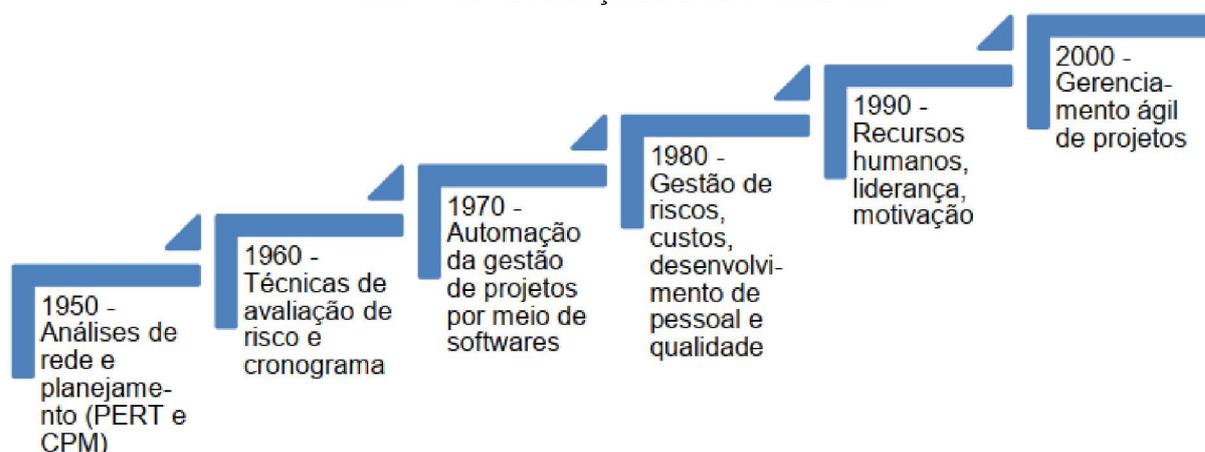
Fator específico	Exemplos de fatores específicos
Demanda de mercado	Uma empresa automobilística autoriza um projeto para produzir carros mais eficientes em consumo de combustível, em resposta à escassez de gasolina
Mudanças econômicas	Uma mudança econômica resulta em alteração nas prioridades de um projeto atual
Solicitação de cliente	Uma empresa elétrica autoriza um projeto para construir uma subestação para atender um novo parque industrial
Demandas de partes interessadas	Uma parte interessada requer que uma nova saída seja produzida pela organização
Requisitos legais	Uma indústria química autoriza um projeto para estabelecer diretrizes para o manuseio adequado de novos materiais tóxicos
Melhorias em processos de negócios	Uma organização implementa um projeto que resulta de um exercício de mapeamento de fluxo de valor Lean Six Sigma
Oportunidade estratégica ou necessidade de negócio	Uma empresa de treinamento autoriza um projeto para criar um novo curso para aumentar sua receita
Necessidade social	Uma organização não governamental de um país em desenvolvimento autoriza um projeto a fornecer sistemas de água potável, esgoto e educação sanitária às comunidades vítimas de altos índices de doenças infecciosas
Considerações ambientais	Uma empresa pública autoriza um projeto para criar um novo serviço de compartilhamento de carros elétricos para reduzir a poluição

FONTE: Adaptado de PMI (2017)

### 2.2.1.1 Gestão de Projetos

Além do conceito de projeto apresentado, tem-se também a necessidade de compreender como os mesmos são geridos. Para compreender como são conduzidos e avaliados. Almeida (2012) faz uma adaptação dos estudos de Crawford et al. (2006) e Kioppenborg e Opfer (2002) e apresenta um histórico resumido da evolução dos projetos, ao longo dos anos, demonstrando com isso algumas das características relevantes para os projetos, conforme figura abaixo:

FIGURA 12 - EVOLUÇÕES DOS PROJETOS



FONTE: ALMEIDA (2012)

Seguindo essa linha o PMI (2017), afirma que:

“o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos processos de gerenciamento de projetos identificados para o projeto. O gerenciamento de projetos permite que as organizações executem projetos de forma eficaz e eficiente.”

Dentro de suas propostas o instituto afirma que a Gestão dos Projetos visa:

- a) Os objetivos do negócio;
- b) Tornar os projetos mais previsíveis;
- c) Aumentar as chances de sucesso;
- d) Entregar os produtos certos no momento certo;
- e) Resolver problemas e questões;
- f) Responder a riscos em tempo hábil;
- g) Otimizar o uso dos recursos organizacionais;
- h) Identificar, recuperar ou eliminar projetos com problemas;

#### 2.2.2 Conceito de Processo de Desenvolvimento de Produtos e Modelos.

A partir do entendimento do que é um projeto e que o PDP pode ser considerado como tal, Juran e Godfrey (1998), explica que o Processo de Desenvolvimento de Produto inclui formulação conceitual, design, teste das alternativas, construção de protótipos e operação inicial.

Já Onoyama (2011) em sua tese apresenta as seguintes definições para o Processo de Desenvolvimento de Produtos.

QUADRO 5 - DEFINIÇÕES PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Autores	Definição
Clark e Fujimoto (1991)	Um processo pelo qual um conjunto de pessoas de diferentes áreas de uma empresa transforma dados sobre oportunidade de mercado e possibilidade técnica em bens e informações para a fabricação de um produto comercial.
Juran e Gryna (1992)	Uma fase da espiral da qualidade que traduz as necessidades do usuário, descobertas por intermédio de informações de campo, num conjunto de requisitos do projeto do produto para a fabricação.
Pugh (1996)	Desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais, busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e, considerando as estratégias competitivas de uma empresa, chegar às especificações de um produto e de seu processo de produção.
Deschamps e Nayak (1997)	Um caos bem organizado que, a partir de interações múltiplas, resulta na criação de um produto, cujo objetivo é atender às necessidades dos clientes e assegurar a sobrevivência e o crescimento da empresa.
Krishnan e Ulrich (2001)	Envolve a transformação de uma oportunidade de mercado e um conjunto de hipóteses sobre a tecnologia do produto em um produto disponível para venda.
Rozenfeld et al. (2009)	É um processo de negócio, que visa transformar as oportunidades de mercado, tecnologia e necessidades dos clientes em soluções técnicas e comerciais.

FONTE: ONOYAMA (2011)

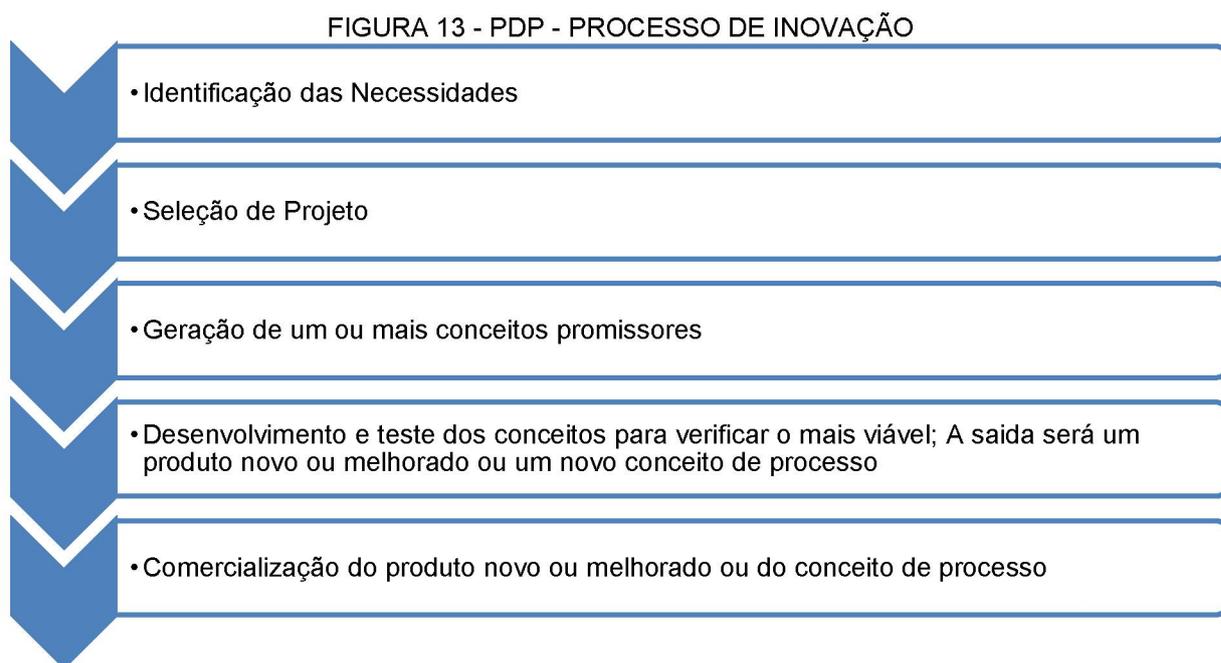
Nota-se que, em linhas gerais as definições dos autores estudados por Onoyama (2011), possuem similaridades buscando uma visão do mercado e do consumidor, que através de pessoas e do conjuntos de atividades converterão as ideias em produto. Para tanto, essa visão do mercado ou consumidor, passa pela avaliação do que é valor. Qualificado por Womack e Jones (2003) como algo que só pode ser descrito pelo consumidor final e que só é significativo se for expressado pelas características do produto ou serviço, atendido dentro de um preço e tempo específicos.

## 2.3 MODELOS DE PDP

Nessa linha de raciocínio alguns autores, demonstram modelos de organizar as atividades do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Os autores, Holmes e McClaskey (1995), Slack et al. (2002), Aaker et al. (2012), Boath, D. (1993), Baxter (2000), Rozenfeld et al. (2006), Birkhofer (2011), Xie; Tu (2011) e Bernard (2011) trazem desenhos mais generalistas de PDPs.

### 2.3.1 Modelos gerais de PDP

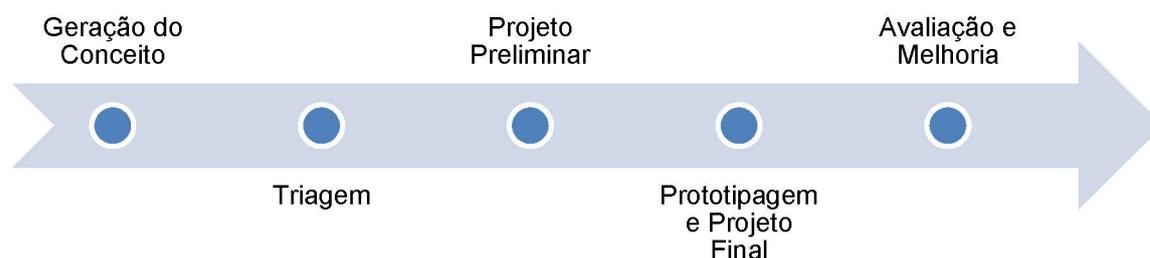
Nos modelos de Holmes e McClaskey (1995), Slack et al. (2002), nota-se cinco macro fases, diferente de Aaker et al. (2012), que possui quatro macro fases.



FONTE: Adaptado de HOLMES E MCCLASKEY (1994, citado por JURAN E GODFREY, 1998)

De maneira geral os modelos de Holmes e McClaskey (1995), Slack et al. (2002), tem suas 3 primeiras fases bastante similares, se diferenciando nas últimas duas, em que o primeiro foca em ter como marco a saída de produto novo e a comercialização do mesmo. No segundo caso as duas últimas, são a prototipagem final e passando a uma fase de PDCA que seria avaliação e melhoria do produto criado.

FIGURA 14 - PDP ABORDAGEM INICIAL DE SLACK



FONTE: Adaptado de SLACK ET AL. (2002)

Mesmo assim, nota-se semelhança lógica desses modelos. O que também é encontrada no modelo de Aaker et al. (2012), FIGURA 15. Contudo esse autor, aborda o PDP em 4 fases ao invés de 5, sendo a última uma fase relacionada a outra área do conhecimento, que é o Marketing.

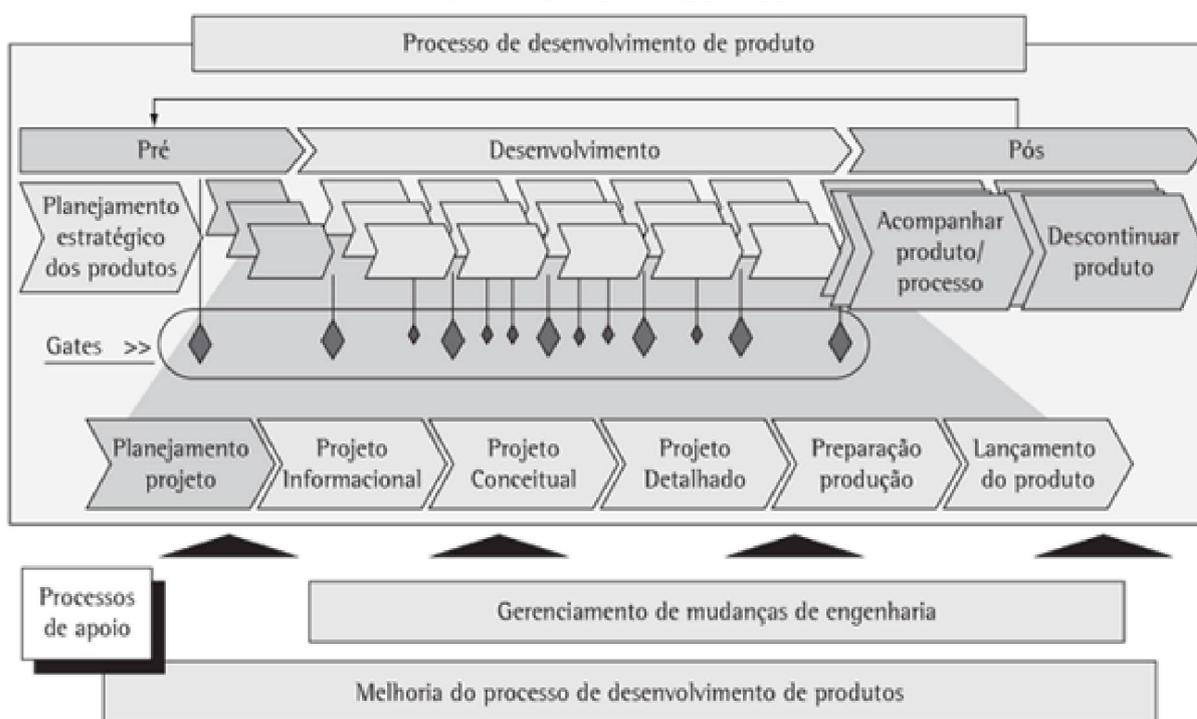
FIGURA 15 - FASES NA PESQUISA DE NOVOS PRODUTOS



FONTE: Adaptado de AAKER ET AL. (2012)

Além desses modelos outro modelo, FIGURA 16, que tem maior detalhamento de fases e traz o conceito de “*Stage Gates*”, portões de estágio, discutido por Rozenfeld et al. (2006). Conceito esse mais ligado a forma de gerir o PDP do que a modelagem dele em si. Esse modelo por exemplo prega que a cada fase existem entregas principais, que se não feitas o projeto não pode caminhar a frente. No trabalho do autor é verifica-se algumas dessas entregas nas fases do desenvolvimento, como por exemplo Escopo do Projeto após o Planejamento do Projeto e o Produto Finalizado após o Lançamento do Produto.

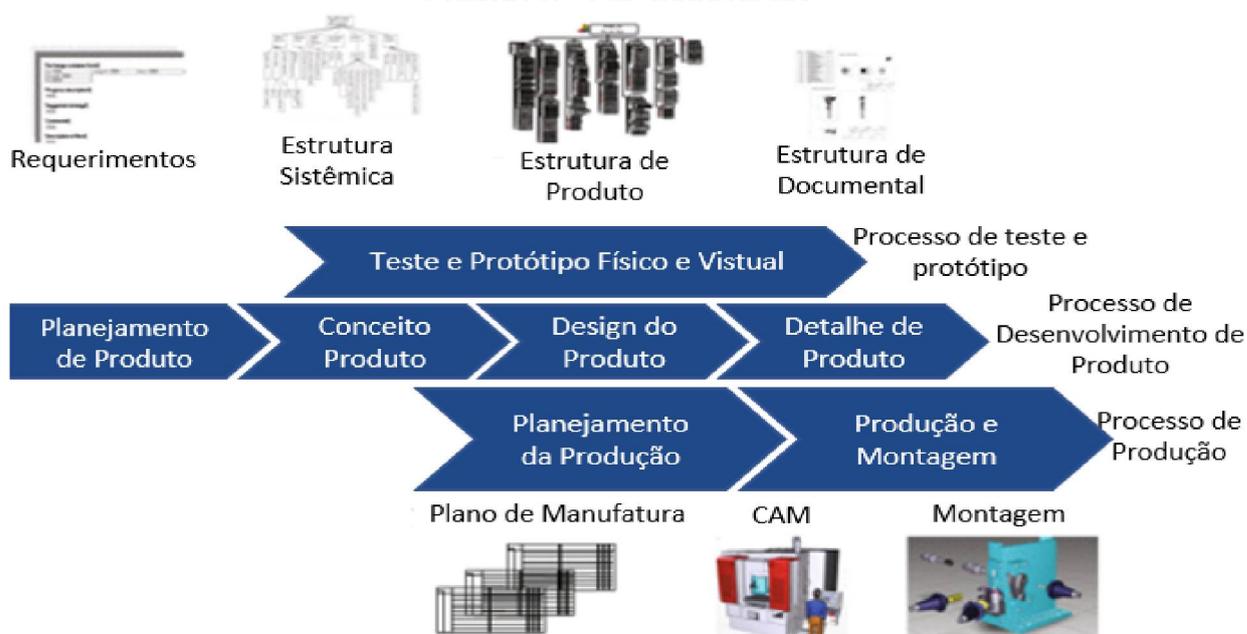
FIGURA 16 - PDP ROZENFELD



FONTE: ROZENFELD ET AL. (2006)

Os modelos apresentados até o momento podem ser considerados modelos lineares na forma de ação, tendo uma fase posterior a outra. Já o modelo trazido por Birkhofer (2011), FIGURA 17, expõem uma formatação com concomitâncias entre fases do PDP.

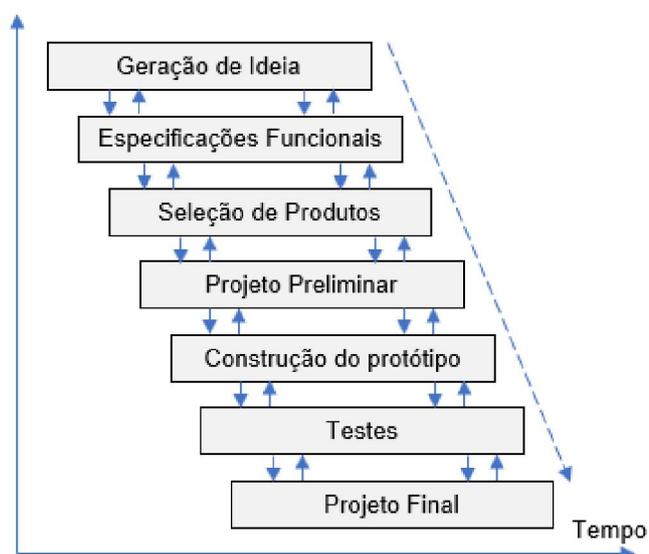
FIGURA 17 - PDP BIRKHOFFER



FONTE: Adaptado de BIRKHOFFER (2011)

Seleme e De Paula (2013), fazem uma análise profunda sobre o desenvolvimento de produtos e dentre as técnicas que apresentam para serem aplicadas ao PDP, descrevem a engenharia simultânea, FIGURA 18. Assim como no modelo apresentado por Birkhofer (2011), é previsto a interação e execução simultânea de algumas fazes do projeto.

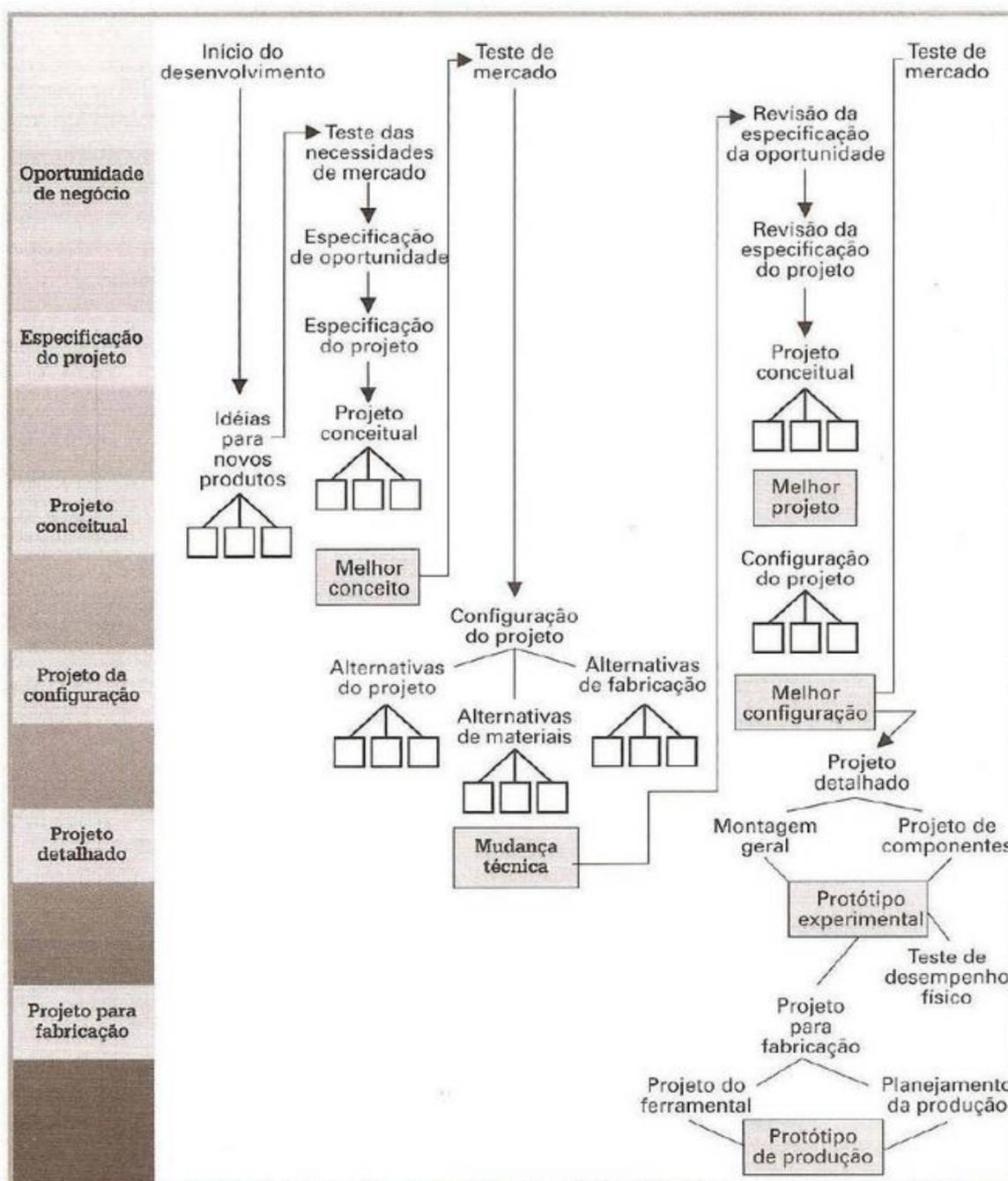
FIGURA 18 - PDP MARTINS E LAUGENI – ENGENHARIA CONCORRENTE



FONTE: Adaptado de MARTINS; LAUGENI (2005, citado por SELEME; DE PAULA, 2013)

Além desses modelos, Baxter (2000), em seu livro, faz um estudo detalhado sobre diversos pontos do desenvolvimento de produto, inclusive fazendo um comparativo entre as fases do PDP com a estratégia e parte financeira da empresa. Em outro momento o autor, expande as macros fases em algumas etapas o que favorece a compreensão de quais são os fatores mais relevantes ao longo do projeto em sua visão, mas também demonstrando que nem sempre o PDP pode ser considerado de maneira linear. Conforme ilustrado na FIGURA 24, existem revisões de conceitos e adaptações ao longo do processo.

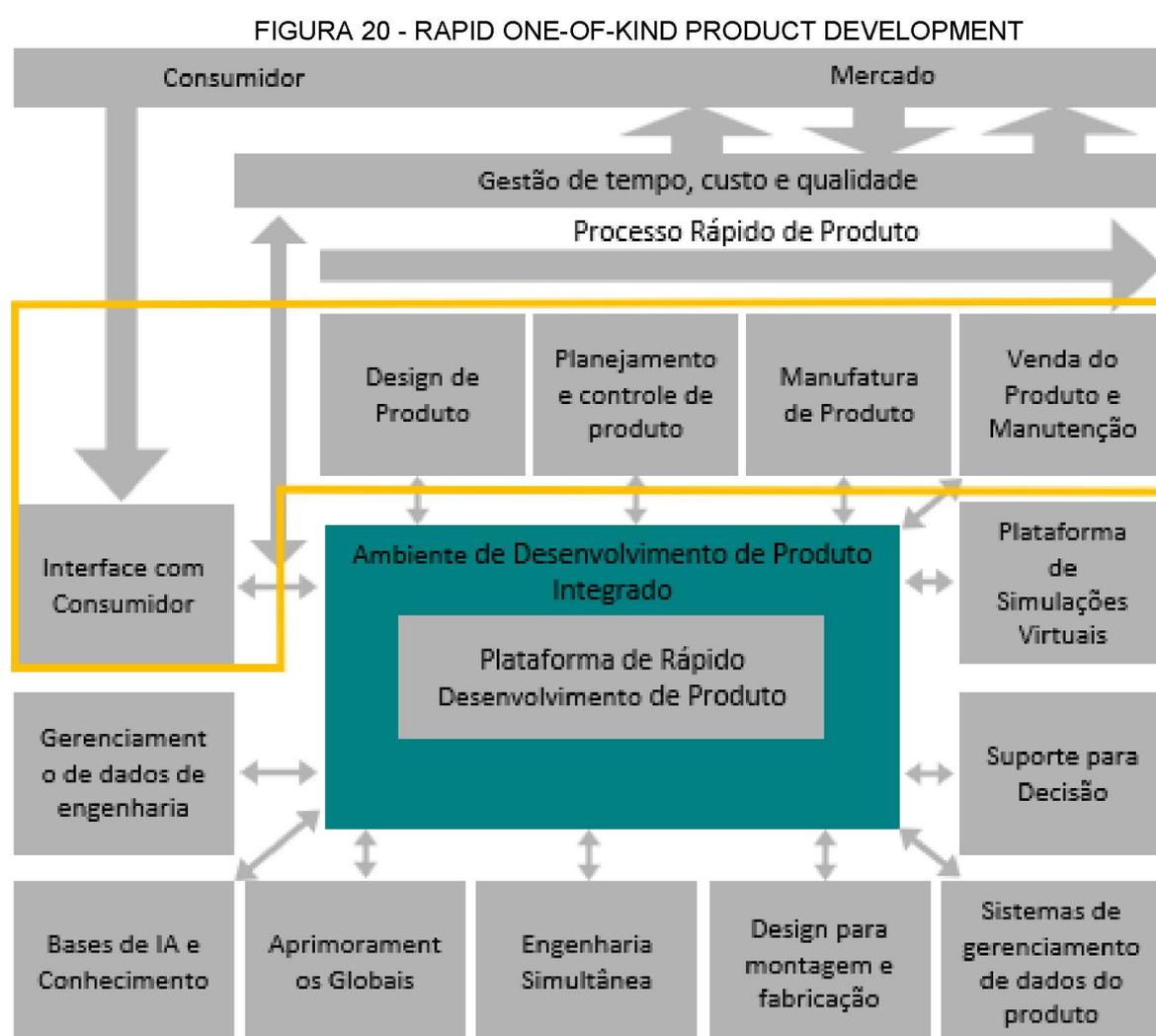
FIGURA 19 - PDP BAXTER EXPANDIDO



FONTE: BAXTER (2000)

Outro modelo visto na bibliografia é o de Xie e Tu (2011), que apesar de em seu modelo as fases do PDP estarem alocadas de maneira linear e sequencial. Por ser um modelo aplicado a produções que seguem as ideias de customização em massa, demonstra uma interação frequente entre as macro fases e os sistemas IRPD (Internet-based Rapid Product Development).

Nesse sentido, os autores debatem que este tipo de integração é fundamental para esse tipo de desenvolvimento, pois possibilita o uso ostensivo de cooperação entre os times de desenvolvimento de produtos em suas localidades e facilita a engenharia simultânea (*Concurrent engineering*).

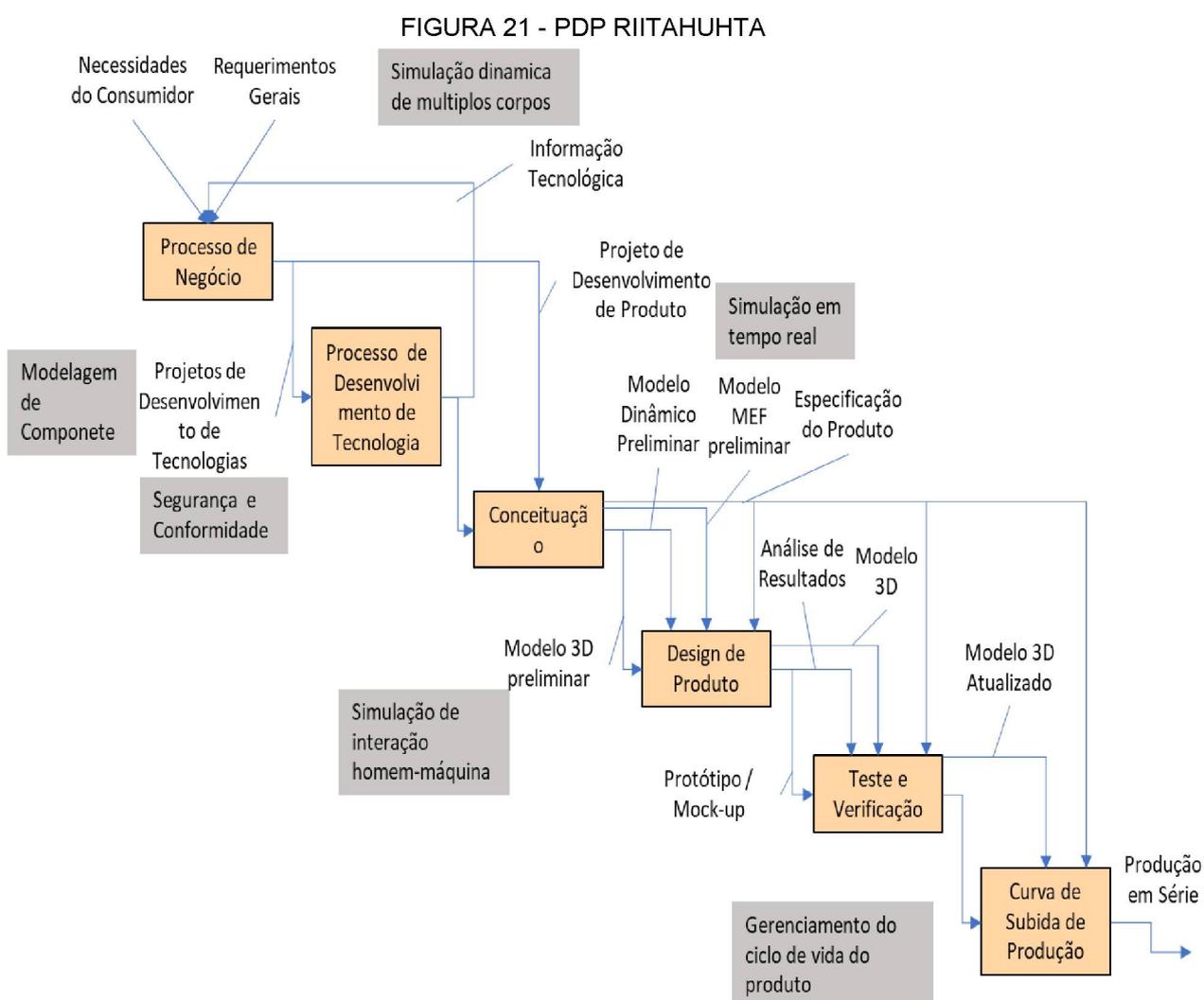


FONTE: Adaptado de XIE e TU (2011)

De maneira geral os modelos apresentados até aqui, partem do princípio do levantamento das necessidades básicas do consumidor, passando pela transformação dessa informação em conceitos e esses sendo transformados em componentes físicos para formar o produto.

### 2.3.2 Modelos de PDP relacionados ao segmento de Elétrica e Eletrônica ou Desenvolvimento Tecnológico.

Esses encadeamentos lógicos vistos nos modelos gerais de PDPs, também são vistos em modelos voltados para a indústria elétrica e eletrônica e de desenvolvimento tecnológico. O modelo abaixo, por exemplo, discutido por Birkhofer (2011) em seu livro, segue basicamente a mesma linha de raciocínio dos anteriores, com leves mudanças mas com maior detalhamento de informações de inputs e outputs das etapas.



FONTE: Adaptado de RIITAHUHTA ET AL. (2005, citado por BIRKHOFFER, 2011)

Outro autor que aborda desenvolvimento de produtos em empresas de base tecnológicas é Wang et al. (2015). Que afirma que essas ou realizarem pesquisas e desenvolvimentos de produtos, o fazem através das seguintes fases:

- I. Pesquisa Base
- II. Especificação do Produto e Validação Analítica

- III. Clínica em amostras
- IV. Avaliação clínica e estudos de validação
- V. Lançamento e Comercialização

Já no caso do modelo de PDP abordado por Eng e Ozdemir (2014), QUADRO 6, aplicado a indústria de eletrônicos da China, existe uma variação na nomenclatura das fases. Além disso, nota-se no trabalho dos autores, que esse modelo também segue a lógica de *Stage Gates*.

QUADRO 6 - FASES DE PDP NA INDÚSTRIA DE ELETRÔNICOS DA CHINA

Processo Comum de Novo Produto nos segmentos de eletrônicos e alta tecnologia da China				
	Fase Inicial	Fase EVT	Fase DVT	Fase PVT
Divisão de Objetivos	Marketing e P&D	P&D	P&D	A P&D e o Produto de Produção devem estar maduros, similar ao produto de para produção
	Características e Pontos de Venda	Protótipo Desenvolvido	Protótipo Piloto de Produção	
	Novas tecnologias e equipamentos chave	Mock-up ou Pilot	Teste de Conformidade	
	Conceito do Ambiente	Funcionalidades dos Componentes Chave operacionais		Preparação e alinhamento da Fábrica para início da Produção
	Plano de Qualidade			
	Lista de Objetivos de Design			
Saídas e Requerimentos	Especificação do Produto	Relatório do teste EVT	Relatório do teste DVT	Relatório do teste PVT
	Membros do Time de Projeto	Submissões de Segurança e EMC	Relatório de Rendimento	Relatório de Rendimento
	Cronograma de Projeto	Diagramas e Descrição de Circuitos	Verificação de Componentes	Relatório de Falhas
		Teste	Verificação pelo Consumidor	Amostra Final
	Checagem dos componentes	Teste de poeira	Lista de Preparação em tempo Real	Especificação do Produto
	Teste de Corrosão			

Obs: EVT: Engineering Validation Test, DVT: Design Validation Test, PVT: Production Validation Test

FONTE: Adaptado de ENG E OZDEMIR (2014)

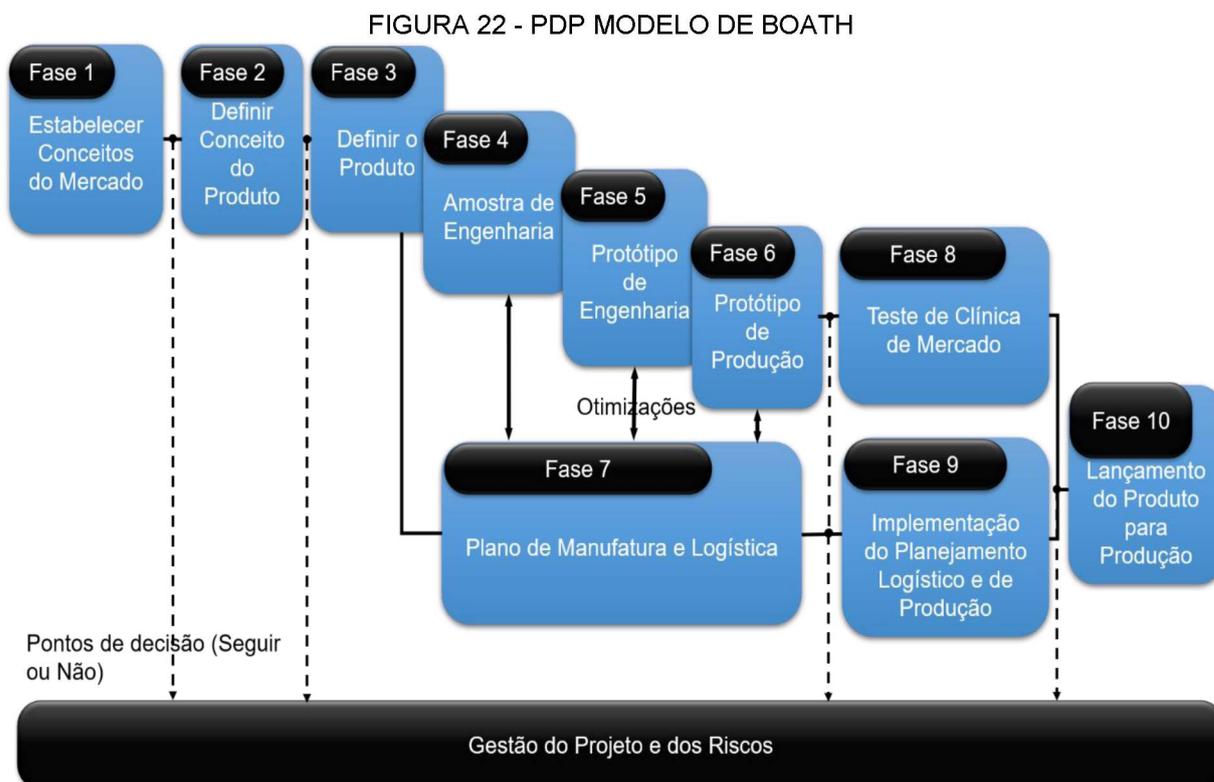
Analisando o modelo trazido por Eng e Ozdemir (2014), que é especificamente utilizado na indústria de eletroeletrônicos e Wang et al. (2015) e Riitahuhta et al. (2005, citado por Birkhofer, 2011) que são relacionados a indústria de base tecnológica, junto com os modelos generalistas. Percebe-se características similares dentro dos aspectos lógicos nos PDPs, com algumas variações, principalmente dos componentes

de cada fase e de suas saídas. Sendo assim, nota-se que mesmo um PDP específico para uma indústria eletrônica, possui distribuição equivalente aos modelos mais generalistas.

### 2.3.3 Modelo de PDP de Boath (1993)

Além de Birkhofer (2011) e Baxter (2000), que exploram fases em paralelo, Boath (1993), FIGURA 22, também o faz. Contudo, ao analisar o modelo de Boath (1993) por meio do livro de Juran e Godfrey (1998), compreende-se que ele ao abordar as etapas do processo de desenvolvimento de produto, cria de fluxos de informações entre as etapas do PDP e a Gestão da Empresa. Além disso, assim como Birkhofer (2011), Eng e Ozdemir (2014) e Rozenfeld et al. (2006) esse modelo prevê o planejamento da produção do item desenvolvido.

Outro ponto verificado no modelo de Boath (1993) é que existe a previsão da análise laboratorial e de mercado do produto assim como Aaker et al. (2012), Baxter (2000) Eng e Ozdemir (2014), Riitahuhta et al. (2005, citado por Birkhofer, 2011) e Wang et al. (2015). Por fim, esse modelo, conforme discutido por Juran e Godfrey (1998), opera por um sistema de gestão similar ao de *Stage Gates* assim como o de Rozenfeld et al. (2006)



FONTE: adaptado de BOATH, D. (1993, citado por JURAN E GODFREY, 1998)

### 2.3.3.1 Gestão de PDP e Indicadores

A partir dos modelos demonstrados e assim como feito com os tópicos gerais sobre projetos, para a compreensão geral do trabalho e entendimento dos impactos do mesmo, foi necessário compreender quais são os pontos avaliados frente a Gestão de PDP. Onoyama (2011), em sua tese, traz algumas abordagens sobre gestão de PDP, que podem ser expressas de maneira mais sucinta pelo QUADRO 7.

QUADRO 7 - ABORDAGENS DA GESTÃO DE PDP

<b>Estágios da gestão do PDP</b>	<b>Abordagens para gestão do PDP</b>	<b>Características</b>
Desenvolvimento sequencial do produto	Tradicional ou sequencial	Divisão de tarefas, especialização e foco nas áreas funcionais.
	Metodologia de projeto	Divisão de tarefas, especialização e foco nas áreas funcionais. Definição racional de sequência de fases.
Desenvolvimento integrado de produtos	Engenharia simultânea	Integração dos processos de manufatura e projeto de produto. Procura realizar as atividades independentes em paralelo (simultaneamente) por meio da criação de equipes multifuncionais. Estas equipes são formadas por profissionais com conhecimento em áreas relevantes para o PDP, tais como engenharia de produto, engenharia de processo, manufatura, marketing, qualidade, custos, vendas, assistência técnica, entre outros. Adoção de ferramentas e métodos como Computer-aided design (CAD), Computer Aided Engineering (CAE), Computer-aid manufacturing (CAM), Product Data Management (PDM), Quality Function Deployment (QFD) e Failure Modes and Effects Analysis (FMEA).
	Modelo de funil	Visão do PDP como um processo de negócio e propõe um alinhamento entre as atividades do PDP e o planejamento estratégico da empresa, considerando as estratégias de mercado, de produtos e de tecnologia.
	Stage-gates	Foca no processo sistemático de decisão, garantindo não apenas o desempenho e a qualidade do desenvolvimento do produto, mas também a permissão para que essa escolha leve em consideração o andamento de todos os projetos e as mudanças no ambiente.
Novas abordagens para o desenvolvimento integrado dos produtos	Desenvolvimento Lean/ Desenvolvimento flexível de produtos	Foca na maximização do valor agregado no produto ao cliente, pela diminuição dos desperdícios e pela melhoria contínua em direção a perfeição, por meio de uma visão mais orgânica do processo, valorizando a experimentação e aprendizagem, como também o adiamento das decisões de detalhes muito específicos para investir na busca de alternativas de soluções e entendimento do problema de projeto. Além disso, o desenvolvimento flexível pode ser traduzido como habilidade de fazer mudanças no produto, ou no processo, mesmo em fases avançadas, sem afetar a qualidade e resultados do projeto.
	Design for Six Sigma	Esse modelo incentiva a antecipação sistemática das necessidades dos clientes e a aplicação de métodos estatísticos e científicos para satisfazer essas necessidades.
	Gerenciamento do ciclo de vida dos produtos	Foco na organização do fluxo de informações e dos procedimentos inerentes ao PDP, integrando ferramentas como CAD e sistemas integrados de gestão empresarial neste processo. Gerenciamento integrado de multiprojetos.

FONTE: ONOYAMA (2011)

Nesse quadro da autora são expostas abordagens discutidas por alguns dos autores dos modelos de PDPs demonstrados. A abordagem de gestão chamada de “Modelo Funil” por exemplo é adotada por Baxter (2000), em que o PDP e as Estratégias da Empresa são vistas de maneira integrada e fortemente correlacionadas. Já outro exemplo é o de *Stage Gate* debatido tanto por Juran e Godfrey (1998), quanto por Rozenfeld et al. (2006), prevê a utilização de marcos nos projetos que de acordo com suas entregas terão decisões tomadas.

Além disso, nesse quadro a autora reflete que existem várias abordagens para gerir um processo de PDP, desde os mais tradicionais até os modelos de inovação abertos (Open Innovation), que tem enfoque de inovação colaborativa e descentralizada. Outra questão colocada por Onoyama (2011) e também Fachinello et al. (2004), é que devido as demandas por melhoria de qualidade, redução do tempo de PDP e o aumento de complexidade dos produtos e tecnológicas fizeram com que as empresas, conforme suas características e dos mercados que atuam, buscassem novas formas de gerenciar os PDPs. Contudo, também é enfatizado que apesar das diferentes formas de gerir os projetos e os diferentes indicadores adotados, as etapas pelas quais o desenvolvimento do produto passa mantém-se semelhantes.

Silva (2001), outro autor que discorre sobre Gestão de PDP, ainda coloca que podem ser utilizados metodologias como o PDCA, fluxogramas e mapas de processo, para essa função. Complementando essas ferramentas, Onoyama (2011), faz uma ampla análise da literatura e coloca o *Balanced Score Card*, também como ferramenta para gerir o projeto de PDP e também para elaborar indicadores e acompanhar o PDP.

Abordando sobre contribuições diretas e indiretas da concepção moderna do processo de desenvolvimento de produtos para as empresas. Tema que já passa a ter relação com os indicadores utilizados por elas, Silva (2001), em sua tese, coloca como, os seguintes pontos:

QUADRO 8 - CONTRIBUIÇÕES DO PDP

Diretas	Indiretas
Redução de custos	Aprendizado
Melhoria da qualidade	Redução do custo de oportunidade
Redução do prazo de desenvolvimento	Transformação da cultura organizacional
Aumento da flexibilidade	A ampliação do ciclo de vida
Aumento da confiabilidade	O aumento da participação no mercado (market share)
	O aumento da margem de lucro
	A melhoria da imagem

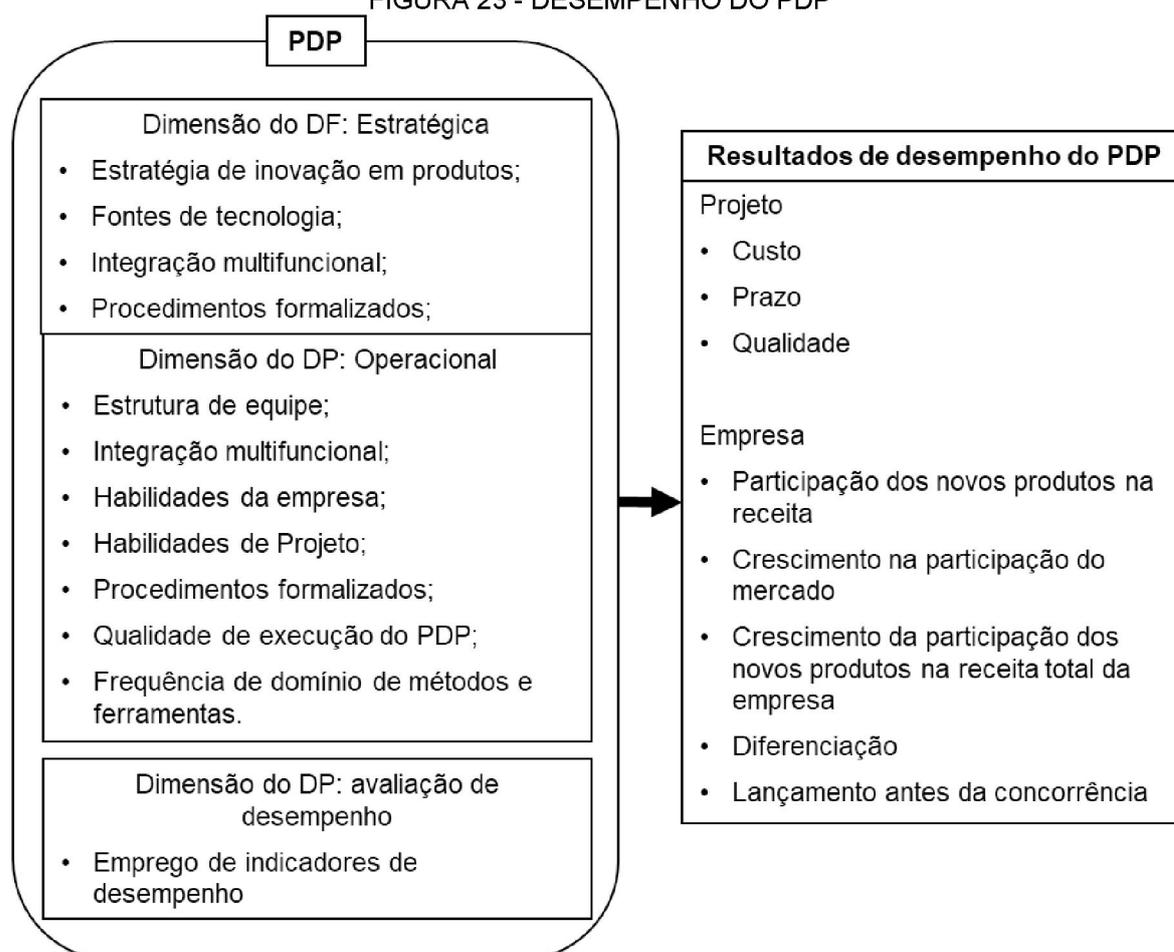
FONTE: Adaptado de SILVA (2001)

Esses seriam segundo o autor, os pontos de maior contribuição de um projeto para uma empresa, por esse motivo também sendo os que teriam maior enfoque na medição e controle.

### 2.3.3.2 Fatores e indicadores do desempenho do PDP.

Em sinergia com esse raciocínio, Nantes (2015), traz a definição de Hansen (1997), sobre indicador de desempenho. Em que, esse seria uma forma objetiva de medir a situação real contra um padrão previamente estabelecido. Seguindo essa linha tanto Nantes (2015), quanto Onoyama (2011), abordam índices de desempenho diretos e indiretos do PDP. Na FIGURA 23, podemos identificar do lado esquerdo, três indicadores diretamente relacionados ao projeto de PDP e cinco resultantes indiretas. Quanto aos indicadores indiretos Choi et al. (2016), em seu estudo demonstra alguns deles principalmente falando sobre o ganho de competitividade no setor de eletrônica.

FIGURA 23 - DESEMPENHO DO PDP



FONTE: ONOYAMA (2011)

Além desse exemplo, Onoyama (2011), traz outros exemplos sobre os indicadores de desempenho de projetos de PDP, sendo os mais citados:

- a) *Time To Market* – tempo até o mercado
- b) Produtividade do Projeto
- c) Qualidade e Conformidade
- d) Satisfação dos Clientes
- e) Market Share – participação no mercado
- f) Margens de Lucro e Retorno do Investimento
- g) Inovação
- h) Precisão em converter necessidades do cliente em produto
- i) Custo total do Projeto
- j) Prazo de Entrega
- k) Taxa de mudanças realizadas nos projetos e Quantidade de projetos interrompidos.

#### 2.4 Relação entre Indústria 4.0 e o PDP

Dentro da Indústria 4.0 verificou-se segundo o trabalho de Monostori (2014), que existem alguns desafios para a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Sendo que, esses autores focaram na pesquisa e desenvolvimento de componentes para viabilizar a implantação da 4.0. Contudo, já são argumentos que podem ser utilizados para reflexão sobre o PDP. Os principais citados são:

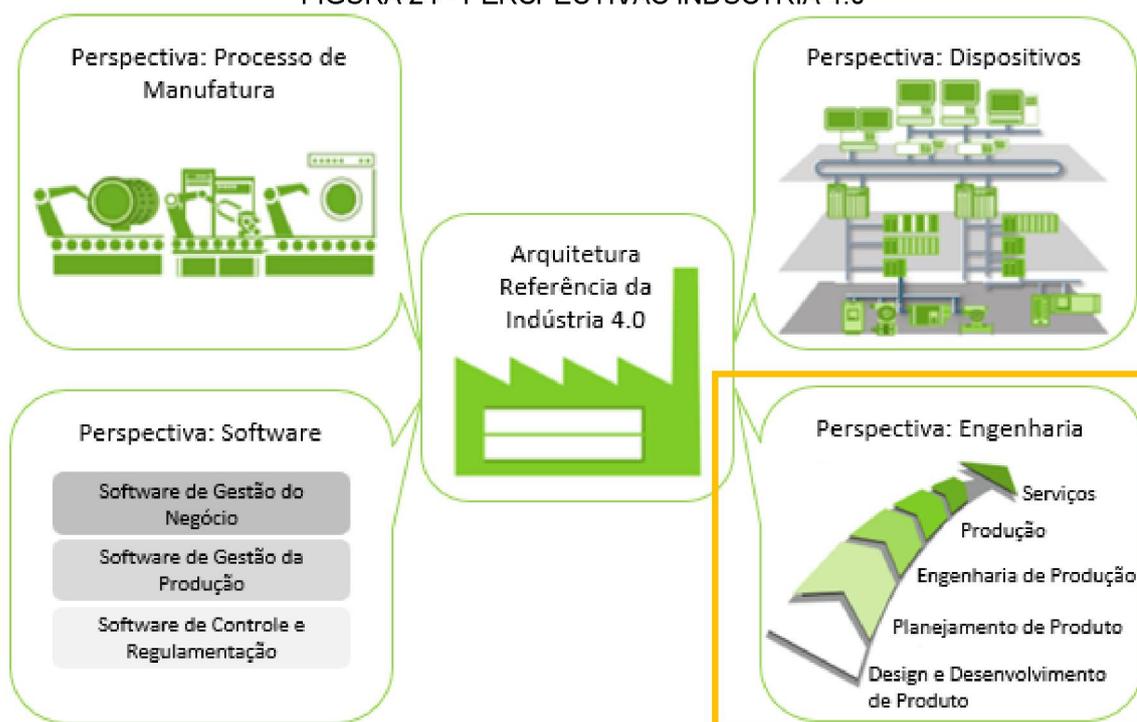
- a) Contexto adaptativo e de sistemas autônomos.
- b) Sistemas produtivos cooperativos.
- c) Identificação e previsão de sistemas dinâmicos.
- d) Programação robusta da produção.
- e) Fusão dos sistemas reais e virtuais.
- f) Simbiose entre homem e máquina e também entre homem e robôs.

Já Lasi et al. (2014), fazem uma primeira abordagem sobre PDP e a 4.0, dizendo que serão necessárias novas sistemáticas para desenvolvimento dos produtos e serviços. Segundo os autores a tendência é que os produtos e serviços tenham que ser mais individualizados, customizados, além de que terão que conter maior inteligência.

A ACATECH (2013), por sua vez apresenta que as P&Ds em geral, dentro da indústria 4.0 precisarão de uma visão holística mais acentuada, compreendendo o consumidor, projeto de produto, manufatura, engenharia e logística. O que leva aos sistemas de inteligência e comunicação a também estarem vinculados a essa visão. Além disso, também é exposto que ferramentas como modelagem e simulação serão fundamentais, para os projetos dentro dessa perspectiva. Seguindo essa linha, na FIGURA 24 consegue-se ver quatro perspectivas relevantes para a 4.0 e em uma delas entram as questões relativas ao PDP.

No trabalho de Abele et al. (2017) vê-se que mediante as *Learnings Factories*, fábricas educativas, que são parcerias entre universidades e empresas privadas, já é possível verificar alguns impactos das novas tecnologias, algumas da indústria 4.0, sobre os processos fabris, entre eles a concepção de produtos. Liu; Lu (2016), também comentam sobre a fase de criação ou revisão do conceito do produto, porém exclusivamente relacionando a importância da análise de bases de dados nessa etapa do processo de desenvolvimento de produtos. A ferramenta específica que esses autores utilizam é chamada de *Crowdsourcing Design*, que não possui uma tradução exata para o português. No caso, o crowdsourcing é a solicitação de informações específicas a grandes grupos *on-line*, sendo que essas gerariam a base de dados, a ser usada pelos designers nas criações.

FIGURA 24 - PERSPECTIVAS INDÚSTRIA 4.0



FONTE: Adaptado de ACATECH (2013)

Já Sivanathan et al. (2017), também comentam sobre o PDP na fase de design. Porém, a base de dados a ser formada é focada na acumulação de conhecimento por meio do registro de projetos e conhecimentos, mas também facilita a interação e criação simultânea de projetos. Sendo que os autores apontam que o futuro da manufatura, no cenário da indústria 4.0, estará ancorado na acumulação e processamento de desses conhecimentos. Tratando da mesma tecnologia, bases de dados, Dubey et al. (2016) fazem uma avaliação da relevância da tecnologia para a Manufatura Sustentável em Classe Mundial, concluindo que as bases de dados e suas análises serão entradas fundamentais, para empresas.

Yin et al. (2018) avaliam em seu artigo, que é esperado que hajam mudanças significativas no comportamento do consumidor frente a indústria 4.0. Mudanças essas que avaliam ainda ser de difícil diagnóstico e previsão, porém que vão impactar na logística, produção e nos produtos em si. Pois, o esperado é que seja exigido maior flexibilidade das indústrias frente aos produtos e menores tempos de entregas.

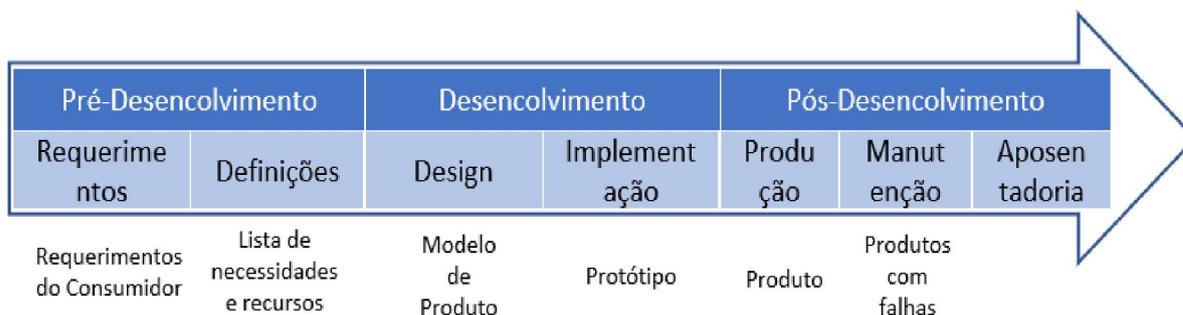
Situação essa apontada pelos autores como uma dificuldade para o modelo tradicional de indústria. Essa questão sobre o comportamento do consumidor é compartilhada por Tan et al. (2017), que focam seu estudo na personalização de produto e para isso abordam a tecnologia de sistemas físico-cibernéticos e também a arquitetura modular de produtos. Brennan et al. (2015) trabalha com o conceito de manufatura aditiva, mais especificamente impressão 3D e os impactos sobre a elaboração dos produtos. Também discutindo as tendências frente a configuração da indústria clássica e possíveis novos modelos de negócios.

Outros autores, que relacionam uma das ferramentas da 4.0 com produtos e o sistema de manufatura são Huang et al. (2017). No artigo deles, fazem a integração entre os conceitos de computação em nuvem e projeto para desmontagem, "*Design for Disassembly*". Analisam de forma mais específica a computação em nuvem na fase de projeto de produto, mas olhando o final do ciclo de vida. Para facilitar a reutilização de componentes e materiais na fabricação ou no projeto de novos produtos.

O único artigo encontrado pela revisão bibliográfica feita, que relacionou etapas do processo de desenvolvimento de produto com algumas tecnologias da 4.0, foi dos autores Santos et al. (2017) da PUC do Paraná. No trabalho desses autores, evidenciou-se que existe possibilidade de uso das tecnologias da 4.0 (*Mobile, Cloud, Analytics, Machine to Machine, Community, 3D Printing e Robotics*), nas fases iniciais

do PDP. Sendo essas fases: busca das necessidades do consumidor, definição dos objetivos do produto e o design do produto. Demais fases abordadas por eles estão na figura abaixo. Contudo, os autores não abordam uma possível mudança do modelo de PDP, apenas a aplicação das ferramentas durante as fases iniciais. Mesmo assim os autores afirmam que o impacto da 4.0 pode gerar a necessidade de reavaliar os atuais modelos de negócios e de manufatura.

FIGURA 25 - PDP UTILIZADO POR SANTOS ET AL. (2017)



FONTE: Adaptado de COOPER ET AL. (2001, citado por SANTOS ET AL., 2017)

O trabalho de Wu et al. (2017) comenta que os projetos de engenharia e de manufatura estão cada vez mais digitais e tendem a integrações com computação em nuvem, objetos físicos, redes de sensores, e internet conforme QUADRO 9. Tendo assim, potencial de reduzir o tempo ao mercado dos produtos, o custo de desenvolvimento e de manufatura, assim como aumento da qualidade.

QUADRO 9 - PDP UTILIZADO POR WU ET AL. (2017)

Fase Principal	Sub Fase	Ferramentas Tradicionais e Softwares	Ferramentas na Nuvem	Parcial ou Total	Provedor
Projeto de Engenharia	Planejamento do Produto	Survey, questionário	Sim	Parcial	Salesforce
	Projeto Conceitual	<i>Brainstorming, reasoning</i> , modelo representativo, matrix morfológica	Sim	Parcial	SOLIDWORKS
	Arquitetura do Projeto	Projeto Assistido por Computador	Sim	Total	Siemens PLM Software
	Projeto detalhado	Projeto Assistido por Computador	Sim	Total	Autodesk, Dassault Systems
Engenharia Assistida por Computador	Análise Estrutural	Análise de Elementos Finitos	Sim	Total	ANSYS
	Análise Térmica	Análise de Elementos Finitos	Sim	Total	ANSYS
	Engenharia dos Fluidos e Mecanismos	Dinâmica dos Fluidos Assistida por Computador	Sim	Total	CD-adapco
Manufatura	Manufatura Aditiva	<i>In-house</i>	Sim	Total	3-D Systems
	Controle Numérico Computadorizado	Manufatura Assistida por Computador	Sim	Total	Autodesk
	Planejamento de Processo	Planejamento de Processo Assistida por Computador	Sim	Parcial	Autodesk
Produção	Gestão da Produção	Lista Técnica de Materiais, Planejamento e Programação, Monitoramento do Processo	Sim	Parcial	Plex Systems
	Logística e Distribuição	Simulação de Eventos Discretos	Não	Sem Informação	Sem Informação

FONTE: Adaptado de WU ET AL. (2017)

Contudo, Wu et al. (2017) foca seu trabalho no cloud-based design and manufacturing (CBDM), que pode ser traduzido como desenvolvimento e manufatura alocados na nuvem, o qual chamam de pilar para outras ferramentas da 4.0. No artigo, avaliam as fases do PDP, abordando quais delas possuem softwares em nuvem e como é a utilização desses softwares.

Em outro artigo, Wu et al. (2015) analisa além das questões postas anteriormente, que existirá a partir da computação em nuvem maior efetividade nas pesquisas de mercado e maior facilidade em obter feedbacks dos consumidores. Além disso, abordam que é preciso mais estudos sobre o impacto do CBDM, sobre os modelos de desenvolvimento e manufatura.

Já ElMaraghy et al. (2017) afirmam que ainda é necessário mais estudantes interessados, recurso humano, principalmente nas pesquisas que analisam a integração, desde o design, planejamento de produtos e sistemas até a operação e controle, devido as novas tendências. Além disso também comentam que é preciso mais pesquisa e desenvolvimento que possibilitem que os sistemas de manufatura enfrentem a tendência de customização e variedade de produtos no cenário da 4.0. Na mesma linha, Francalanza et al. (2017) analisa que serão necessárias melhores meios e pesquisas para modelar e prever a evolução de produtos e processos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Ao final do primeiro capítulo, no tópico “Processos Metodológicos” foi exposto um prevê resumo de algumas características desse trabalho. Faz-se nesse capítulo o detalhamento daquele resumo demonstrando a estrutura metodológica. Nesse sentido, esse trabalho pode ser caracterizado segundo Prodanov; Freitas (2013) e Gil (2008), sendo de natureza aplicada, devido ao seu caráter prático aos processos das empresas e por buscar resultados aplicáveis em situações reais. Com uma abordagem qualitativa, pois visa a compreensão do problema e a análise das informações obtidas.

Tendo objetivos, exploratórios ao pesquisar as principais características dos temas abordados, descritivos ao tentar relacionar os impactos e correlação entre os temas. As características principais dessa pesquisa são resumidas no QUADRO 10 - CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA, para melhor entendimento.

QUADRO 10 - CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Quanto a Natureza	Quanto à Forma	Quanto aos Fins	Quanto aos Procedimentos	Quanto aos Instrumentos
Aplicada	Qualitativa	Descritiva	Bibliográfica Levantamento	Fontes Bibliográficas Questionários e Entrevistas

FONTE: O autor (2019)

Para atingir os objetivos esse trabalho utilizou-se das seguintes metodologias e procedimentos:

QUADRO 11 - RESUMO DOS CONCEITOS

Revisão Bibliográfica	Procedimento esse definido por Gil (2008), como sendo aquele que faz busca em fontes pré-existentes (livros, artigos,...). A vantagem desse método segundo o autor é que o pesquisador consegue ter uma grande cobertura a despeito do tema.
Survey	O procedimento de Survey, foi descrito por Prodanov; Freitas (2013) como: “Levantamento (survey): esse tipo de pesquisa ocorre quando envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento desejamos conhecer através de algum tipo de questionário. Em geral, procedemos à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obtermos as conclusões correspondentes aos dados coletados.”
Pesquisador Observador não Participante	Silva; Menezes (2005) e Prodanov; Freitas (2013) a observação não participante ocorre quando o Pesquisador toma contato com o grupo ou realidade que pretende estudar, mas não interfere nela. Sendo assim, presencia o fato, mas fica no papel de espectador. Porém, não quer dizer que a observação não seja consciente, dirigida, ordenada para um fim determinado.

FONTE: O autor (2019)

Ressalta-se que esse trabalho se utilizou tanto da pesquisa bibliográfica quanto da pesquisa de levantamento. A primeira ao buscar materiais pré-existentes e a segunda ao elaborar material de fonte primária, por meio de entrevista com

especialistas. Por fim, também se utilizou da observação não participativa, pelo fato de o pesquisador ter vivenciado os PDPs do segmento estudado.

Quanto a entrevista, Gil (2018) afirma que é uma forma pela qual o pesquisador faz sua investigação frente a frente com o entrevistado, para obter as informações necessárias. No caso, para esse trabalho utilizou-se entrevistas estruturadas, face a face com o entrevistado, com roteiro previamente estabelecido e perguntas abertas e fechadas.

Quanto a sequência cronológica esse trabalho foi distribuído em três etapas:

1. Revisão bibliográfica:
  - a. dos Modelos de PDP utilizados pela indústria de elétrica e eletrônica.
  - b. da Indústria 4.0 e seus impactos na criação de produtos e inovação.
2. Survey com especialistas da indústria elétrica e eletrônica, para avaliar os impactos esperados por eles no planejamento do projeto de PDP, pelas ferramentas da indústria 4.0.
3. Avaliação e comparação dos resultados com a Bibliografia.

A primeira fase foi constituída de Revisão Bibliográfica, para estabelecer uma visão inicial sobre os temas abordados. Nesse sentido, foram avaliadas publicações nas bases Science Direct, Scopus e Web of Science, além de bibliotecas de Dissertações e Teses. Sendo que, quanto aos artigos, só foram considerados aqueles publicados no período de 2012 até 2018. Escolheu-se 2012 como data inicial por ser ano da adoção oficial do termo “indústria 4.0”, pelo governo alemão e por pesquisadores, conforme explorado no capítulo 2.

Pelo QUADRO 12 compreende-se que o tema da quarta revolução industrial tem sido fortemente estudada, já temas voltados a PDP e ao setor da Indústria Elétrica e Eletrônica, existem estudos, porém em menor intensidade. Ponto que demonstra carência de estudos acadêmicos. Ao correlacionar os três termos principais da pesquisa notou-se não houveram interações dentro das bases pesquisadas.

QUADRO 12 - EXPRESSÕES CHAVES INDEPENDENTES - 2012 A 2018

Expressões Chave	Science Direct	Scopus	Web of Science
"Pesquisa e Desenvolvimento de Produto" OR "Product Research and Development"	134	35	35
"Indústria 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "fourth industrial revolution" OR "quarta revolução industrial"	1.620	1.097	1.325
"Electrical and Electronic Industry" OR "Indústria Elétrica e Eletrônica" OR " Indústria Eletroeletrônica"	160	45	21

FONTE: O autor (2019)

Pela ausência de correlação entre as expressões utilizadas, apesar do tema 4.0 só ter se solidificado em 2012, elaborou-se uma nova análise nessas interações, mantendo a delimitação temporal e flexibilizando a forma de escrita dos mesmos termos e mantendo restrição do tipo de publicação serem apenas artigos científicos. Com isso conseguiu-se novos resultados, conforme QUADRO 13.

QUADRO 13 - EXPRESSÕES FLEXIBILIZADAS CORRELACIONADAS

Expressões Chave	Science Direct	Scopus	Web of Science
	<b>99</b>	<b>124</b>	<b>11</b>
	Qualis	Qualis	Qualis
"Product Research" OR "Product Development" AND "Electrical Industry" OR "Electronic Industry" OR "Eletric Industry"	A1 41	A1 18	A1 -
	A2 21	A2 14	A2 2
	B1 1	B1 16	B1 -
	B3 1	B3 21	B3 2
	B5 1	B5 1	B5 -
	C 2	C 13	C 1
	Sem Infos. 32	Sem Infos. 41	Sem Infos. 6
	H-index	H-index	H-index
>=30 75	>=30 75	>=30 6	
1<=X<30 8	1<=X<30 47	1<=X<30 4	
Sem Infos. 16	Sem Infos. 2	Sem Infos. 1	
	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	Qualis	Qualis	Qualis
"Electrical Industry" OR "Electronic Industry" OR "Eletric Industry" AND "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "fourth industrial revolution" OR "fourth revolution"	A1 -	A1 1	A1 -
	Sem Infos. -	Sem Infos. 2	Sem Infos. 2
		H-index	H-index
	>=30 -	>=30 1	>=30 1
	1<=X<30 -	1<=X<30 2	1<=X<30 1
Sem Infos. -	Sem Infos. -	Sem Infos. -	
	<b>-</b>	<b>157</b>	<b>20</b>
	Qualis	Qualis	Qualis
"Product Research" OR "Product Development" AND "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "fourth industrial revolution" OR "fourth revolution"	A1 -	A1 15	A1 1
	A2 -	A2 10	A2 -
	B1 -	B1 24	B1 1
	B3 -	B3 1	B3 1
	B5 -	B5 9	B5 -
	C -	C 7	C -
	Sem Infos. -	Sem Infos. 91	Sem Infos. 17
	H-index	H-index	H-index
>=30 -	>=30 68	>=30 5	
1<=X<30 -	1<=X<30 74	1<=X<30 8	
Sem Infos. -	Sem Infos. 15	Sem Infos. 7	
"Product Research" OR "Product Development" AND "Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "fourth industrial revolution" OR "fourth revolution" AND "Electrical Industry" OR "Electronic Industry" OR "Eletric Industry"	-	-	-

FONTE: O autor (2019)

Nessa tabela, além dos totais de artigos encontrados para cada fator de busca, também é apresentado a classificação dos jornais em que foram publicados e classificados por dois critérios. Sendo o primeiro, o Qualis da Capes para o grupo de Engenharias 3, ao qual pertence o curso de Engenharia de Produção, anos de avaliação dos jornais de 2013 a 2016. O segundo critério de classificação foi o H-index extraído da base 2016 do Scimago. Após filtrar os artigos pelos Qualis e H-index, selecionando artigos Qualis A e H-index superior a 30, realizou-se a leitura dos resumos. Além disso, avaliou-se os referenciais dos artigos relevantes encontrados, na intenção de encontrar outros materiais que pudessem contribuir com o tema.

Apesar de nessa nova avaliação ter encontrado resultados para as correlações das palavras chaves, a partir da leitura dos resumos dos artigos confirmou-se que existem poucas publicações relacionando PDP, o segmento industrial escolhido e a indústria 4.0. Como prova, ao se relacionar diretamente os três temas, não se encontrou resultados.

Na segunda etapa houve o momento de contato com os especialistas, em que foram feitas as entrevistas. Inicialmente tentou-se compreender se as estruturas de PDP das empresas entrevistadas tem conformidade com as estruturas encontradas na literatura. Para isso, a primeira pergunta usou como base o modelo de PDP de Boath (1993), que pelos comparativos feitos e pela experiência do pesquisador na área de PDP do seguimento escolhido, é o que traria melhores resultados nas discussões com os especialistas. Já a segunda pergunta buscou identificar quais os indicadores e resultados dos projetos desenvolvidos nas empresas. A seguir buscou-se compreender se já eram aplicadas alguma tecnologia, ferramenta ou conceito da 4.0 no PDP. Por fim, realizou-se uma discussão com cada um dos especialistas para avaliar, na perspectiva deles, quais seriam as possíveis utilizações da 4.0 no PDP e qual seria a expectativa deles com relação a essas utilizações.

Para compor o grupo de especialistas, restringiu-se a pesquisa as empresas do seguimento Elétrica e Eletrônica associados ao SINAEEES-PR, que correspondem a 60 empresas, sendo que dessas, 42 possuem produtos próprios. No decorrer da pesquisa teve-se conhecimento que algumas das empresas estavam em processo de falência ou fechando, mas continuavam no banco de associadas.

Dentro desse universo escolheu-se uma amostra não probabilística por conveniência de cinco empresas, focando em empresas de diferentes ramos de produtos, com maior porte e enfoque tecnológico dentro de seu ramo. Nesse sentido

as cinco entrevistadas correspondem a 11,9% das empresas que possuem produtos próprios, sendo empresas de médio e grande porte.

Segundo Gil (2002) e Prodanov; Freitas (2013), uma amostra por acessibilidade ou por conveniência é a que os elementos são selecionados por acessibilidade do pesquisador, admitindo que esses possam, de alguma forma, representar o universo. Aplica-se esse tipo de amostragem em estudos exploratórios ou qualitativos, em que não é requerido elevado nível de precisão.

A pedido das empresas será seguido a conduta de confidencialidade, sem divulgar nenhuma informação confidencial ou que possa caracterizar essas empresas. Apenas descrevemos que a empresa A: é fabricante de eletrodomésticos, a empresa B: é fabricante de equipamentos de medição de energia, a empresa C: é fabricante de equipamentos, câmeras térmicas, radares e outros, a empresa D: projeta e fabrica placas e equipamentos eletrônicos e presta serviço de desenvolvimento de projetos e a empresa E: é fabricante de iluminação industrial e consultora em projetos eletrônicos, todas com desenvolvimento e produção em Curitiba.

Como especialistas foram escolhidos os ocupantes de cargos de gerência de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos. Nível hierárquico escolhido, pois são profissionais que controlam, os indicadores dos projetos e também planejam e agem sobre as etapas, tendo uma visão que abrange do início ao fim do PDP. Ideia também defendida por Onoyama (2011), além disso a autora afirma que é deles a maior parte da responsabilidade sobre o sucesso ou fracasso de um PDP.

Na terceira etapa, foram compilados os resultados do contato com os especialistas e analisados junto com as revisões bibliográficas sobre PDP, Indústria 4.0 e indicadores de projetos. Com isso, chegou-se a conclusões sobre a utilização e o impacto das ferramentas, conceitos e tecnologias da 4.0 sobre um modelo conceitual de PDP.

## 4 ANÁLISES E RESULTADOS

Na primeira fase do trabalho, pela revisão bibliográfica realizada, pode-se compreender as principais fases, modelos e indicadores de PDP do setor escolhido. Além disso, verificou-se que os modelos de PDP no setor não apresentam grandes diferenças dos modelos tradicionais. Por exemplo, os artigos de Wu et al. (2015), que trata da fabricação de drones, e Eng e Ozdemir (2014), que trata do segmento da indústria eletrônica e de alta tecnologia da China, não tem diferenças significativas frente aos modelos generalistas abordados por autores como: Juran e Godfrey (1998) e Onoyama (2011). As diferenças percebidas estão principalmente nas nomenclaturas e no nível de detalhamento de fases e subfases.

### 4.1 ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE PDP

No QUADRO 14, criou-se um paralelo entre os Modelos Gerais de PDPs e no QUADRO 15 dos Modelos vinculados ao segmento estudado. Deixando claro a sequência e o momento em que ocorrem cada etapa do processo de desenvolvimento do produto descrito pelas fontes utilizadas. Sendo que alguns modelos trabalham apenas atividades sequenciais e outros com atividades sequenciais e paralelas. De maneira geral, todos os modelos passam por:

1. Coleta e Análise dos Requerimentos e Necessidades Mercadológicas dos Produtos.
2. Definição Geral do Conceito de Produto.
3. Projeto Técnico do Produto.
4. Análise de Amostras de Fornecedores.
5. Protótipos Experimentais de Engenharia.
6. Protótipos de Produção.
7. Testes de Laboratório.
8. Planejamento de Manufatura e Logística.
9. Implantação e Lançamento do Produto para Produção.

QUADRO 14 - PARALELO DE PDPS GERAIS

FONTE:	SEQUENCIA DE ETAPAS DOS MODELOS:										
Aaker et al. (2011)	Geração do Conceito Identificação das			Avaliação e Desenvolvimento do		Avaliação e Desenvolvimento do			Teste do Programa de Marketing		
Boath, D. (1993)	Estabelecer Conceitos do Mercado			Definir Conceito do Produto	Definir o Produto	Amostra de Engenharia	Protótipo de Engenharia	Protótipo de Produção	Teste de Clínica de Mercado		Lançamento do Produto para Produção
				Plano de Manufatura e			Implementação do Planejamento				
Birkhofer (2011)	Teste e Protótipo Físico e Visual										
	Planejamento Produto	Conceito Produto		Design do Produto		Detalhe de Produto					
	Planejamento da Produção					Produção e Montagem					
Cooper et. Al. (2001, citado por Santos et.	Pré-Desenvolvimento			Desenvolvimento					Pós-Desenvolvimento		
	Requerimentos	Definições		Design			Implementação		Produção	Manutenção	Final de Vida
Holmes; McClaskey, D. (1994, citado por Juran; Godfrey, 1998)	Identificação das Necessidades	Seleção de Projeto	Geração de conceitos promissores		Desenvolvimento e teste dos conceitos para verificar o mais viável; Assim será um produto novo ou melhorado ou um novo conceito de processo					Comercialização do produto novo ou melhorado ou do conceito de processo	
Martins; Laugeni (2005, citado por Seleme; de Paula, 2013)	Geração de ideia			Especificações funcionais	Seleção do produto	Projeto preliminar	Construção do protótipo		Testes		Projeto final
Rozenfeld et al. (2006)	Pré	Desenvolvimento								Pós	
	Planejamento estratégico dos produtos	Planejamento Projeto	Projeto Informacional	Projeto conceitual	Projeto Detalhado			Preparação Produção	Lançamento do produto	Acompanhar produto / processo	Descontinuar produto

FONTE: O autor (2019)

QUADRO 14 - PARALELO DE PDPS GERAIS

(conclusão)

FONTE:	SEQUENCIA DE ETAPAS DOS MODELOS:									
Slack et al. (2002)	Geração do Conceito	Triagem	Projeto Preliminar	Prototipagem e Projeto Final		Avaliação e Melhoria				
Xie e Tu (2011)	Interface com Consumidor	Design de Produto			Planejamento e controle de produto			Manufatura de Produto	Venda do Produto e Manutenção	
Wu et al. (2017)	Projeto de Engenharia				Engenharia assistida por computador	Manufatura		Produção		
	Planejamento do produto	Projeto conceitual	Arquitetura do produto	Projeto detalhado	Análises estruturais, térmicas, de fluidos e mecanismos	Manufatura aditiva e controle numérico computadorizado	Planejamento de processo	Gestão da produção	Logística e distribuição	

FONTE: O autor (2019)

QUADRO 15 - PARALELO DE PDPS SEGMENTO DE ELÉTRICA E ELETRONICA

FONTE:	SEQUENCIA DE ETAPAS DOS MODELOS:									
Eng e Ozdemir (2014)	Initial Stage - Pesquisa de Marketing e definição de		EVT Stage - Engineering Validation Test - Prototipagem, Mock-ups e teste piloto			DVT Stage - Design Validation Test - Teste de confiabilidade e de Produção em Massa		PVT Stage - Production Validation Test - Fase final de desenvolvimento		
Riitahuhta et al. (2005, citado por Birkhofer, 2011)	Processo de Negócio	Desenvolvimento de Tecnologia	Conceituação		Design de Produto		Teste e Verificação		Curva de Subida de Produção	
Wang et al. (2015)	Pesquisa Base		Especificação do Produto e Validação Analítica			Clínica em amostras	Avaliação clínica e estudos de		Lançamento e Comercialização	

FONTE: O autor (2019)

Verificou-se também, que alguns modelos descrevem de maneira mais detalhada as fases e subfases e outros se mantêm em nível mais genérico. Outra questão, é que existem modelos de PDP que consideram outras fases da vida do produto dentro do PDP, como manutenção do produto em produção e final de vida. Ao se colocar os modelos em paralelo, além de conseguir observar similaridades na sequência lógica dos modelos, também se observou similaridades na cronologia de cada etapa.

Além disso, comparando-se os QUADRO 14 e QUADRO 15 que são PDPs de autores vinculados a Engenharia de Produção e alguns específicos para o setor de Elétrica e Eletrônica, pesquisados nesse trabalho, e o QUADRO 16, que segundo Fachinello et al. (2004) são autores tanto de Engenharia de Produção, quanto de Marketing e Design. Percebe-se que mesmo em outras áreas do conhecimento, correlatas ao desenvolvimento do produto, a sequência de PDP e no caso de alguns modelos citados por Fachinello et al. (2004), também PDNP (Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos), se mantêm com grande similaridade lógica.

QUADRO 16 - PDP PROVENIENTES DAS ÁREAS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, MARKETING E DESIGN

<b>Clark e Fujimoto (1991)</b>	<b>Krishnan e Ulrich (2001)</b>	<b>Pahl e Beitz (1996)</b>	<b>Kaminski (2000)</b>	<b>Crawford (2000)</b>	<b>Kotler (1998)</b>	<b>Bonsiepe (1984)</b>
Conceito	Desenvolvimento do conceito	Especificação do Projeto	Especificação da necessidade	Identificação de oportunidades	Geração de ideias	Problematização
Planejamento do Produto	Projeto da cadeia de suprimentos	Concepção de Projeto	Estudo de viabilidade	Geração de Conceito	Triagem de ideias	Análise
Engenharia do Produto	Desenvolvimento do produto	Projeto Preliminar	Projeto básico	Avaliação de Projeto	Desenvolvimento e Teste	Definição do problema
Projeto do Processo	Teste e validação de desempenho	Projeto Detalhado	Projeto executivo	Desenvolvimento técnico	Estratégia de Marketing	Anteprojeto
Produção Piloto	Lançamento		Planej. Produção	Lançamento	Análise Comercial	Avaliação
			Execução		Desenvolvimento	Realização
					Testes de Mercado	Análise final
					Comercialização	

FONTE: BUSS C. O.(2002, citado por FACHINELLO ET AL., 2004)

Além da comparação entre as estruturas dos PDPs, a partir do material teórico levantado, também se realizou uma avaliação de qual seria o modelo mais adequado, para ser apresentado no questionário utilizado no survey, apresentado no Apêndice

A. Para essa escolha foram utilizados 7 critérios:

- Se o modelo de PDP consegue representar de maneira mais completa todos os modelos levantados.
- Se o modelo de PDP consegue representar a cronologia geral de todos os modelos levantados.
- Se o modelo de PDP, dentro do material dos autores, possui de maneira definida as entradas e saídas de cada etapa.
- Se o modelo de PDP, prevê em sua estrutura a relação entre o Projeto e a Estrutura Geral da empresa.
- Se o modelo de PDP, segundo o autor, prevê em sua utilização alguma abordagem de gestão do projeto.
- Se o modelo de PDP é de fácil compreensão visual e didático, para ser utilizado no questionário.
- Se o modelo de PDP é relacionado ao segmento estudado ou se consegue apresentar as características dos PDPs do segmento estudado.

Com isso, os modelos de PDP foram avaliados, pelo pesquisador, por meio de uma escala Likert de 3 fatores, sendo pontuado com 2 pontos se “Atende Totalmente” a necessidade apontada, com 1 ponto se “Atende Parcialmente” ou com nenhum ponto se “Não Atende”. Dessa maneira chegou-se a pontuação apresentada na TABELA 4, sendo escolhido como modelo conceitual a ser utilização no questionário o Modelo de PDP de Boath (1993) apresentado por Juran e Godfrey (1998). Nessa tabela, foram evidenciados pelas 3 linhas mais escuras os PDPs relacionados as indústrias do segmento alvo desse estudo e por uma marcação mais escura a pontuação e o autor com maior pontuação.

TABELA 4 - COMPARAÇÃO DOS PDPs PARA SURVEY

MODELO por autor	Possui lógica similar aos demais PDPs pesquisados?	Possui ordem cronológica similar aos demais dos PDPs pesquisados?	Possui entradas e saídas bem discriminadas?	Prevê interação com a gestão da empresa?	Prevê alguma abordagem de gestão do PDP?	Possui fácil compreensão visual e didática para ser usado na Survey?	Contempla a mesma lógica dos PDPs do segmento ou é um PDP vinculado ao segmento foco?	Pontuação total
Aaker et al. (2011)	1	1	1	0	0	1	1	5
Birkhofer (2011)	2	2	1	1	1	2	2	11
Boath, D. (1993, citado por Juran e Godfrey, 1998)	2	2	2	2	2	2	2	14
Cooper et. Al. (2001, citado por Santos et. al., 2017)	2	1	2	1	1	1	2	10
<b>Eng e Ozdemir (2014)</b>	1	1	2	1	1	1	2	9
Homles e McClaskey (1994, citado por Juran e Godfrey, 1998)	1	1	1	1	1	1	1	7
Martins; Laugeni (2005, citado por Seleme; de Paula, 2013)	2	2	1	0	1	2	2	10
<b>Riitahuhta et al. (2005, citado por Birkhofer, 2011)</b>	2	2	2	0	0	2	2	10
Rozenfeld et al. (2006)	2	1	2	2	2	2	2	13
Slack et al. (2002)	1	1	1	0	0	2	1	6
<b>Wang et al. (2015)</b>	1	1	1	0	0	1	2	6
Wu et al. (2017)	1	1	1	0	0	1	1	5
Xie e Tu (2011)	1	1	1	2	1	1	1	8

FONTE: O autor (2019)

Continuando a análise, ao correlacionar os modelos teóricos com as entrevistas feitas com os especialistas, que tem em média 9 anos de experiência na área de PDP. Na primeira questão apresentada, indagou-se se o PDP das empresas entrevistadas seguem as etapas do modelo conceitual de Boath (1993). Frente a essa questão, todos os entrevistados deram resposta positiva, sendo que 4 das 5 empresas seguem exatamente a ordem do modelo, inclusive com a mesma concomitância de, com diferença na nomenclatura das fases que costumam ser em língua inglesa e seguindo a cultura de cada empresa.

Na empresa A, a fase de Teste de Mercado, varia ficando logo após a definição do conceito do produto. Nessa empresa essa fase serve para aprovação junto aos consumidores do conceito gerado, por meio de MockUps. Contudo, a fase de teste laboratorial se mantém na mesma sequência do modelo. Dessa forma conseguiu perceber que a estrutura geral do modelo utilizado é válida para essas empresas participantes da survey.

Na segunda questão apresentada, tratou-se da parte gerencial dos PDPs, tentando compreender quais são os fatores mais relevantes para a medição dos resultados dos Projetos, para essas empresas. Dentro dos indicadores apresentados conseguiu-se o seguinte status:

TABELA 5 - RESULTADO QUESTÃO 2

Indicadores	Percentual de Uso
I. Time To Market.	100%
III. Satisfação dos Clientes.	100%
V. Margens de Lucro e Retorno do Investimento.	80%
VIII. Qualidade e Conformidade.	80%
IX. Custo total do Projeto.	80%
X. Prazo de Entrega.	80%
II. Inovação.	60%
VII. Precisão em converter necessidades do cliente em produto.	60%
IV. Market Share.	40%
VI. Produtividade do Projeto.	40%
XI. Taxa de mudanças realizadas nos projetos e Quantidade de projetos interrompidos.	40%

FONTE: O autor (2019)

Por meio dessa questão ficou demonstrado, pelos especialistas, que o tempo para lançamento do produto ou para a entrega do projeto, a satisfação dos clientes e os fatores financeiros, são os indicadores e sub-indicadores mais utilizados e relevantes do ponto de vista empresarial para os projetos desenvolvidos de produtos. O que é corroborado pela visão de Onoyama (2011), Valentim (1997), Xie e Tu (2011) entre outros dos autores pesquisados.

Também se verificou nas entrevistas que existem várias formas de registrar e avaliar esses indicadores, por exemplo a satisfação dos clientes pode ser averiguada por intermédio de pesquisas em revistas como a *Proteste*, ou mesmo através das equipes de suporte em campo. Além disso, na discussão desse tema percebeu-se nessas empresas a necessidade de reduzir ou otimizar o tempo dos projetos, reduzir os custos, otimizar o trabalho das equipes e compreender melhor as tecnologias a serem empregadas.

#### 4.2 ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE AS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0

A partir da terceira questão aplicada, iniciou-se o tema da indústria 4.0 na entrevista. Sem haver previamente mencionado qualquer palavra chave ou termo sobre esse tema, questionou-se se a empresa em questão já utilizava alguma ferramenta ou tecnologia da 4.0 no Processo de Desenvolvimento de Produto. Pelas respostas percebeu-se que 3 das 5 empresas já utilizam algum elemento vinculado a essa temática.

Sendo que, os mais citados foram Banco ou Base de Dados (*Big Data*) e depois Cloud e Fog Computing. Além desses, foram citados como utilizados em projetos: simulações e projetos globais simultâneos, esse último se enquadrando mais no conceito de engenharia simultânea. Os especialistas também mencionaram outros termos, contudo sendo esses exemplos aplicados na produção ou logística.

Na quarta questão, quando foram expostos os termos vinculados 4.0 percebeu-se que nem todos estavam claros para os especialistas. Esse fato pode ser explicado, pois trata-se de um tema relativamente recente no meio acadêmico, em que a cunhagem do termo “Indústria 4.0” ocorreu em 2012, na Alemanha. Sendo que os termos que geraram maiores dúvidas foram, Manufatura Aditiva, Sistemas Físico-Cibernéticos e Integração Sistêmica.

Após a descrição dos dez termos relacionados a indústria 4.0, QUADRO 3 , questionou-se aos especialistas se acrescentariam mais algum. Nesse sentido, pontuaram os seguintes: interação a distância, *fog computing*, redes neurais, *machine learning* e *Cobot*. Esses termos mencionados, segundo autores como Lasi et al. (2014), Neto et al. (2017) e Yin et al. (2018), de fato podem ser considerados como relacionados a Indústria 4.0. Sendo que, interação a distância, *fog computing* e redes neurais, foram relacionados pelos entrevistados a atividades dentro do PDP e *machine learning* e *Cobot* a atividades vinculadas ao sistema produtivo.

#### 4.3 ANÁLISES E RESULTADOS SOBRE A RELAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 E O PDP

Na quinta questão, verificou-se se as empresas já utilizam alguma ferramenta, em alguma medida, nos PDPs. Como resultado conseguiu-se o que se resume na TABELA 6, onde 100% representa que todas os entrevistados responderam afirmativamente. Sendo assim, pode-se observar que atualmente, em parte dessas empresas, já se usa a Ciber Segurança ao longo do processo, que segundo os entrevistados visa proteger os consumidores, suas informações, os equipamentos e também as informações estratégicas da empresa.

Também é possível notar o uso de Simulações para análise de informações e geração e análise de conceitos, da Computação em Nuvem para compartilhar informações e viabilizar os trabalhos que ocorrem simultaneamente e em mais de uma região. O uso do Big Data para análise das informações dos consumidores na fase de criação do conceito do produto. Por fim, a manufatura aditiva no uso de impressoras 3D, que usam as tecnologias de deposição de material fundido e sinterização a laser, na fase de prototipagem.

De forma oposta, percebe-se pouca aplicação da Realidade Aumentada, Internet das Coisas, Robos e Sistemas Autônomos, Sistemas Físicos Cibernéticos e Integração Sistêmica. Pelo que foi informado pelos especialistas isso se dá por serem ferramentas mais novas, segundo eles, sendo assim exigindo investimentos para poderem ser utilizadas ao longo do PDP.

TABELA 6 - FERRAMENTAS ATUALMENTE UTILIZADAS

Ferramentas da 4.0	Etapas do Processo									
	Estabelecer Conceitos do Mercado	Definir Conceito do Produto	Definir o Produto	Amostras de Engenharia	Protótipos de Engenharia	Protótipos de Produção	Planejamento de Manufatura e Logística	Teste de Clínica e de Mercado	Implementação do Planejamento Logístico e de Produção	Lançamento do Produto para Produção
<b>Big Data</b>	40%	60%	40%	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%
<b>Realidade Aumentada</b>	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Internet das Coisas</b>	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
<b>Computação em Nuvem</b>	60%	60%	60%	20%	20%	20%	40%	40%	20%	20%
<b>Manufatura Aditiva</b>	0%	20%	20%	60%	80%	20%	20%	0%	20%	20%
<b>Robôs e Sistemas autônomos</b>	0%	0%	0%	0%	20%	20%	0%	0%	0%	20%
<b>Simulações</b>	60%	80%	60%	20%	40%	20%	60%	60%	40%	20%
<b>Ciber Segurança</b>	80%	80%	80%	60%	60%	60%	80%	80%	80%	80%
<b>Cyber Physical Systems</b>	20%	20%	20%	20%	20%	20%	40%	40%	40%	40%
<b>Integração de Sistemas</b>	20%	40%	40%	20%	20%	20%	40%	20%	40%	40%

FONTE: O autor (2019)

Ainda na quinta questão, além de compreender o que já é utilizado pelas empresas, ao debater com os especialistas, procurou-se entender quais ferramentas eles enxergam como de possível aplicação no PDP de suas empresas TABELA 7. Nesse momento, houve uma mudança nas respostas o que pode ser verificado ao compara as TABELA 6 e TABELA 7.

De maneira geral os entrevistados conseguiram enxergar várias formas de aplicar, ao menos de maneira parcial, as ferramentas nas etapas do PDP. Como o uso da Realidade Aumentada nas fases de Geração de Conceito, Prototipagem e Planejamento de Manufatura e Logística. Além do uso do Big Data, para auxiliar nas fases de testes piloto, laboratoriais e de mercado e na fase de planejamento da produção e logística.

Os profissionais consultados também destacaram a necessidade em ter integração nos diversos níveis das empresas entre os softwares e equipamentos, que são ferramentas, para geração e análise de informações e posterior tomadas de decisão. Nesse sentido é possível o uso da Integração de Sistemas e Sistemas Físico Cibernéticos.

Porém, uma das ressalvas feitas, pelos especialistas, é que para a utilização das ferramentas de maneira mais efetiva, ao menos inicialmente seria necessário investimentos em tecnologia, softwares e hardwares. O que segundo eles, pode gerar demora na adoção das ferramentas.

Na sexta e última questão, debateu-se com os especialistas, se no julgamento deles, tendo em vista os conceitos da 4.0 discutidos e as necessidades dos PDPs que eles conhecem, se haveria necessária de alteração do modelo conceitual de PDP apresentado. A partir dessa discussão os especialistas revelaram, que não necessariamente precisa ser alterado a sequência lógica do desenvolvimento dos produtos, contudo, eles precisam sim, reduzir o tempo e os custos de desenvolvimento e melhorar a qualidade. Que para a maioria deles, atualmente são pontos conflitantes. Nesse sentido, algumas ideias foram geradas, como:

- Substituir as fases de amostras de engenharia e prototipagem de engenharia, por simulações avançadas e uso de realidade aumentada.
- Otimizar os planos logísticos e de manufatura através do uso da realidade aumentada e de simulações.
- Utilizar softwares autônomos para teste de laboratório de componentes eletrônicos e análise dos dados.

TABELA 7 - FERRAMENTAS POSSIVEIS DE SEREM UTILIZADAS NA VISÃO DOS ESPECIALISTAS

Ferramentas da 4.0	Etapas do Processo									
	Estabelecer Conceitos do Mercado	Definir Conceito do Produto	Definir o Produto	Amostras de Engenharia	Protótipos de Engenharia	Protótipos de Produção	Planejamento de Manufatura e Logística	Teste de Clínica e de Mercado	Implementação do Planejamento Logístico e de Produção	Lançamento do Produto para Produção
<b>Big Data</b>	80%	80%	60%	40%	40%	40%	60%	60%	40%	40%
<b>Realidade Aumentada</b>	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	20%	0%	0%
<b>Internet das Coisas</b>	60%	60%	60%	20%	20%	20%	20%	40%	20%	20%
<b>Computação em Nuvem</b>	80%	80%	80%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
<b>Manufatura Aditiva</b>	0%	20%	20%	80%	80%	20%	20%	0%	20%	20%
<b>Robôs e Sistemas autônomos</b>	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	40%	60%
<b>Simulações</b>	80%	100%	80%	60%	60%	40%	80%	60%	40%	40%
<b>Ciber Segurança</b>	80%	100%	100%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	100%
<b>Cyber Physical Systems</b>	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	80%	80%	80%
<b>Integração de Sistemas</b>	60%	80%	80%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%

FONTE: O autor (2019)

Além disso, nesse debate em três das empresas pesquisadas surgiu a questão de que, nesse segmento existem muitas tecnologias sendo lançadas e em curto espaço de tempo. O que dificulta a realidade dos projetos segundo alguns especialistas, por alguns motivos. O primeiro, é como acompanhar e saber como utilizar as tecnologias tanto como ferramentas para o projeto de produtos, quanto como aplica-las nos produtos em si. Outro motivo é que, algumas das empresas entrevistadas atuam em nível mundial, nesse sentido, as equipes de projetos além de conhecerem as tecnologias recentes e saber como aplica-las nos produtos, também precisam saber quais aplicar, para qual público e em quais países.

Dentro dessa temática, debateu-se duas soluções prévias, a primeira seria criar uma subfase de avaliação de tecnologias dentro da fase de conceito de produto ou de definição de produto. Outra alternativa seria a criação de uma equipe permanente de estudo de tecnologias, a qual interagiria com todas as equipes de projetos.

Outra análise feita a partir dos conteúdos estudados por esse trabalho e das discussões com os especialistas, são as formas de aplicar as ferramentas da 4.0 nas fases do PDP, das empresas. O Big Data, por exemplo pode e já é utilizado nas etapas de Conceito do Mercado e Conceito do Produto para ter informações sobre os consumidores e de projetos passado, o que também colocou-se como ferramenta e uso fundamental por Liu; Lu (2016).

Além de que, como debatido com os entrevistados e mencionado por Sivanathan et al. (2017), também pode ser utilizado para cruzar históricos de testes de componentes, falhas de produtos, problemas de produção causados por falhas de projetos e como fonte de informação para planos logísticos. O que se vê na TABELA 7 através do aumento do uso dessa ferramenta, em relação a TABELA 6, nas várias fases do PDP. Porém, para isso, conforme discussão com especialistas, o Big Data, tem que estar atuando junto com outras ferramentas como Cloud Computing e Internet of Things. Esse tipo de aplicação, possivelmente, traria um aumento na assertividade, reduziria custos, a médio prazo, e melhoraria o desempenho dos projetos.

A Realidade Aumentada, pode ser utilizada nas fases de Conceitos e Teste Clínico de Mercado, via softwares e hardwares, para fazer o consumidor visualizar as possibilidades de produtos, sem necessidade de construção de MockUps, reduzindo tempo e custo de projeto. Também ser utilizada junto com simulações, na fase de Protótipos e Amostras para substituir a necessidade dos componentes físicos. Outro exemplo seria na fase Planejamento de Manufatura e Logística para conseguir enxercar o ambiente de

manufatura e antecipar problemas, melhorias de layout, fluxo de materiais ou de linhas de produção.

O conceito de Internet das Coisas já é utilizado junto com Computação em Nuvem e *Cyber Physical Things* para coletar e agrupar informações de produtos em uso por consumidores, aumentando a precisão e confiabilidade dos dados e podendo ser usado junto com Simulação para previsão do comportamento dos produtos e dos consumidores. Além disso, também pode ser utilizada para controle e análise a distância de produtos em teste. Esse uso das tecnologias, também é visto nos documentos da ACATECH (2013), quando afirmam que os PDPs, terão que ter uma visão mais holística e integrada do consumidor, processos e evoluções.

A Computação em Nuvem pode ser utilizada como suporte a várias atividades possibilitando e facilitando projetos de engenharia simultânea e colaborativos, que é um dos temas abordados por Xie e Tu (2011). Já a Manufatura Aditiva é utilizada para geração de protótipos através de alguns processos, entre eles o uso de impressoras 3D, mas também foi mencionado na literatura e pelos entrevistados, como uma forma de produção de produtos customizados. Conceito explorado por Lasi et al. (2014).

Os Robôs e Sistemas autônomos, ainda são enxergados com mais facilidade nas aplicações dentro da manufatura. Porém, poderiam ser utilizados nos testes laboratoriais de componentes eletrônicos, por meio de um robô virtual que poderia ser utilizado para gerir e ciclar os testes, organizar as informações e prever comportamento dos componentes. Nesse sentido esse conceito estaria vinculado também com simulações. Por outro lado, as Simulações poderiam ser utilizadas juntamente com Banco de Dados e outras técnicas para prever o comportamento do consumidor frente a alterações dos produtos ou campanhas de marketing, aumentando a eficácia da definição do conceito do produto.

No caso de Ciber Segurança, a principal contribuição dentro do PDP seria a necessidade de proteção das informações do projeto da empresa e dos consumidores. Principalmente, no momento em que pela Internet das Coisas e dos Sistemas Físicos-Cibernéticos, os produtos estiverem ligados as empresas através da internet. Esse caso, foi relatado como preocupação fundamental por dois dos entrevistados. Um deles, a qual a empresa produz equipamentos de medição controlados a distância, relatou que nesse sentido os equipamentos têm que ser invioláveis, mas permitir o acesso dos desenvolvedores e técnicos.

Por fim, a Integração de Sistemas pode ser utilizada para o acompanhamento em tempo real dos projetos, para que toda a estrutura da empresa possa saber os impactos já ocorridos e que serão gerados pelo projeto. Isso se reflete nos tempos, nos gastos e nos

custos gerados e evitados e também no momento em que o produto será realmente lançado a produção. Além de ser utilizado de maneira inversa, para que as equipes de projetos, tenham informações em tempo real das estruturas da empresa, dos atuais produtos e das projeções das áreas de marketing e design.

Para facilitar a compreensão sobre as principais influências que cada uma das ferramentas da indústria 4.0 pode ter sobre as etapas e indicadores dos PDPs criou-se o QUADRO 17.

QUADRO 17 - RESUMO DAS INFLUÊNCIAS DA 4.0 NOS PDPs.

Ferramentas da 4.0	Etapas do PDP que influencia	Indicadores do PDP que influencia
Base de Dados	TODAS	Satisfação dos Clientes Qualidade e Conformidade Prazo de Entrega Inovação Precisão em converter necessidades do cliente em produto Produtividade do Projeto
Realidade Aumentada	Estabelecer Conceitos do Mercado Definir Conceito do Produto Definir o Produto Amostras de Engenharia Protótipos de Engenharia Protótipos de Produção Planejamento de Manufatura e Logística	Time To Market Qualidade e Conformidade Custo total do Projeto Prazo de Entrega Precisão em converter necessidades do cliente em produto Produtividade do Projeto
Internet das Coisas	Estabelecer Conceitos do Mercado Definir Conceito do Produto Definir o Produto Teste de Clínica e de Mercado	Satisfação dos Clientes Qualidade e Conformidade Custo total do Projeto Prazo de Entrega
Computação em Nuvem	TODAS	Time To Market Custo total do Projeto Prazo de Entrega Inovação Precisão em converter necessidades do cliente em produto Produtividade do Projeto
Manufatura Aditiva	Estabelecer Conceitos do Mercado Definir Conceito do Produto Definir o Produto Amostras de Engenharia Protótipos de Engenharia	Time To Market Qualidade e Conformidade Custo total do Projeto Prazo de Entrega Precisão em converter necessidades do cliente em produto Produtividade do Projeto Taxa de mudanças realizadas nos projetos e Quantidade de projetos interrompidos.
Robôs e Sistemas autônomos	Implementação do Planejamento Logístico e de Produção Lançamento do Produto para Produção	Qualidade e Conformidade

QUADRO 17 - RESUMO DAS INFLUÊNCIAS DA 4.0 NOS PDPS.

(conclusão)

Ferramentas da 4.0	Etapas do PDP que influencia	Indicadores do PDP que influencia
Simulações	TODAS	Satisfação dos Clientes Qualidade e Conformidade Custo total do Projeto Prazo de Entrega Precisão em converter necessidades do cliente em produto Produtividade do Projeto
Ciber Segurança	TODAS	Satisfação dos Clientes
Cyber Physical Systems	TODAS	Qualidade e Conformidade Precisão em converter necessidades do cliente em produto
Integração de Sistemas	TODAS	Time To Market Margens de Lucro e Retorno do Investimento Qualidade e Conformidade Custo total do Projeto Prazo de Entrega Inovação Precisão em converter necessidades do cliente em produto

FONTE: O autor (2019)

Nesse quadro, apresentam-se os principais impactos das ferramentas da 4.0. Verifica-se a tendência de redução dos prazos de entrega em cada etapa dos PDPS, o que permite a redução do tempo de lançamento do produto ao mercado. Em função disto, permite a redução dos custos dos projetos e melhorar a qualidade dos produtos resultantes.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve o objetivo de avaliar os usos das ferramentas, tecnologias e conceitos vinculados a Indústria 4.0, no desempenho de um modelo conceitual de processo de desenvolvimento de produto no contexto da indústria de elétrica e eletrônica em Curitiba - Paraná. O que se realizou, por meio do cumprimento dos três objetivos específicos.

### 5.1 CONCLUSÕES SOBRE PDP

No primeiro objetivo que era pesquisar os modelos de processos de desenvolvimento de produtos utilizados pelo setor e seus indicadores. Foram encontrados alguns modelos de PDP relacionados ao setor em artigos. Para melhor compreensão do tema levantou-se também modelos generalistas. Ao comparar-se as duas categorias de modelos de PDP, percebeu-se que não existem diferenças lógicas ou cronológicas significativas entre eles. Além disso, evidenciou-se que o modelo conceitual adotado na *survey* tem perfeita aplicação com a prática. Fato percebido mediante as respostas dos especialistas afirmando que suas empresas utilizam modelo correspondente tanto na sequência lógica, quanto na sequência cronológica das etapas.

Ainda em relação aos modelos de PDP, pelas discussões com os especialistas inicialmente não se visualizou possíveis mudanças nas sequências das etapas do PDP, devido a influências das ferramentas da indústria 4.0. Contudo, evidenciou-se que existe uma tendência de reduzir o tempo das etapas e cada vez mais processos ocorrerem em paralelo.

Outra questão levantada pelos especialistas com relação aos projetos, se dá ao passo que cada vez mais no setor existe uma aceleração na evolução tecnologia e criação de novas tecnologias. Nesse sentido, aumenta a complexidade dos projetos e também dificulta a escolha pelo time de quais tecnologias devem ser aplicadas ao produto. Principalmente em casos de empresas multinacionais, em que os produtos são vendidos a mais de um país.

Devido a essa situação, cogitou-se a necessidade de criar uma fase ou sub-fase, no modelo de PDP, específica para o desenvolvimento e escolha de tecnologias. Outra situação possível, seria criar um time dentro da organização que teria contato com os times de PDP, específico para desenvolvimento e estudos sobre tecnologias possíveis para aplicação nos produtos.

## 5.2 CONCLUSÕES SOBRE AS FERRAMENTAS DA INDUSTRIA 4.0

No que se refere ao segundo objetivo específico, que era conhecer e compreender as características da indústria 4.0. Percebeu-se por meio das pesquisas bibliográficas, que são encontrados vários termos vinculados a 4.0. Sendo que, parte deles, teoricamente já existem a mais tempo, como é o caso de *Big Data*, Simulações, Manufatura Aditiva, Manufatura Inteligente e outros. Porém, devido aos avanços de hardwares e softwares, aos poucos passa a ser economicamente viável aplica-los a realidade das empresas.

Além disso, percebe-se que já existem vários artigos científicos e documentos dos departamentos de tecnologia e desenvolvimento da Alemanha, prevendo e demonstrando a aplicação das ferramentas e tecnologias da 4.0 nos ambientes de Manufatura e Logística e no produto final em si. Contudo, é muito tímido o número de materiais acadêmicos que tratam das aplicações delas frente ao Processo de Desenvolvimento de Produto.

## 5.3 CONCLUSÕES SOBRE A ANÁLISE ENTRE AS FERRAMENTAS DA INDUSTRIA 4.0 E O PDP

Quanto ao último objetivo específico, que era analisar a influência dos componentes da Indústria 4.0 no modelo conceitual do planejamento do processo de desenvolvimento de produtos. Uma das primeiras observações a serem feitas, conforme os autores pesquisados, a indústria 4.0 tem uma inter-relação entre seus conceitos, tecnologias e ferramentas. Por exemplo, para conseguir espelhar a parte física da manufatura para o mundo virtual, será necessário o uso de Sistemas Físico-Cibernéticos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. Nesse sentido, surge um complicador para conseguir implantar a Indústria 4.0, o fator tecnológico. Exposto em alguns materiais como o da ACATECH (2013).

Esse foi um ponto também percebido na fase das entrevistas com os especialistas. Ao analisar os materiais levantados e as discussões realizadas, nota-se que a Indústria 4.0, para ser implantada de fato, exige alto nível de maturidade organizacional no contexto fabril e no contexto de PDP. Além de que, para a efetiva implantação da 4.0, preconiza-se, conforme literatura e entrevistas, que suas tecnologias e ferramentas trabalhem em conjunto e conectadas, necessitando de investimentos em tecnologia e estrutura para a implantação das mesmas.

Por outro lado, percebeu-se que mesmo o uso fragmentado ou parcial de determinados componentes da Indústria 4.0, tem alto potencial para aumentar a precisão dos dados coletados a partir dos consumidores, por exemplo com a Internet das Coisas.

Que melhora a qualidade dos produtos e a eficiência do projeto em converter necessidades do consumidor em produto. Também se verificou, que alguns dos profissionais consultados, enxergam nas simulações e na realidade aumentada, a redução ou eliminação do uso de protótipos em determinados casos. O que acarretaria na redução dos custos e dos tempos de projetos.

Conclui-se dessa forma, que ao conseguir aplicar as ferramentas e tecnologias da Indústria 4.0, dentro dos Processos de Desenvolvimento de Produtos das empresas entrevistadas, que fazem parte do seguimento de Elétrica e Eletrônica, existirão impactos positivos dentro dos principais indicadores utilizados. Principalmente, na redução dos custos dos projetos, na redução dos tempos de projetos, no aumento da conformidade e da qualidade dos produtos elaborados. Que são os principais, pontos de avaliação dos projetos segundo os especialistas.

#### 5.4 RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS

Por fim, constatou-se que a temática da Indústria 4.0 tem sido bastante explorada quando aplicada a manufatura e diretamente aos produtos. Porém, ainda pouco debatida junto ao Processo de Desenvolvimento de Produtos, gerando possibilidades para trabalhos futuros, como:

- a) Analisar a possibilidade de alterações nas etapas dos Modelos de PDP devido a Indústria 4.0.
- b) Demonstrar e mensurar os ganhos, através de estudos de caso, da aplicação das ferramentas e tecnologias da Indústria 4.0 no PDP de uma ou mais empresas.
- c) Avaliar formas de como as empresas, do setor de Elétrica e Eletrônica, poderão acompanhar dentro do PDP, a evolução tecnológica advinda da Indústria 4.0, para aplicação em produtos.
- d) Estudar com maior profundidade se seria possível eliminar por completo o uso de protótipos dentro do PDP, através do uso de ferramentas da Indústria 4.0, como Simulações e Realidade Aumentada.

## REFERÊNCIA

- AAKER, D. A.; KUMAR, V.; LEONE, R. **Marketing Research**. 11th ed. Wiley Global Education, 2012.
- ABELE, E.; CHRYSOLOURIS, G.; SIHN, W.; et al. Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 2017. CIRP.
- ABINEE. Automação e Manufatura Inteligente. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2017/arquivos/a16.pdf>>. Acesso em: 7/4/2018.
- ABINEE. Emprego no setor eletroeletrônico cresce no mês de setembro. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com58.htm>>. Acesso em: 27/3/2018.
- ABREU, D.; ELY, C. Manufatura avançada transforma indústria mundial. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/manufatura-avancada-transforma-industria-mundial/>>. Acesso em: 28/3/2018.
- ACATECH. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **National Academy of Science and Engineering**, 2013. Disponível em: <<http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industr.html>>. Acesso em: 26/3/2018.
- ALMEIDA, C.; NADER, H. Marco legal da Ciência e Tecnologia deve desburocratizar pesquisa e inovação no país., 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/seminariosfolha/2018/03/marco-legal-da-ciencia-e-tecnologia-deve-desburocratizar-pesquisa-e-inovacao-no-pais.shtml>>. Acesso em: 8/4/2018.
- ALMEIDA, L. F. M. DE. **Características, Fatores Críticos e Indicadores de Agilidade no Gerenciamento de Projetos de Produtos Inovadores**, 2012. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3703>>. Acesso em: 22/3/2018.
- ANFAVEA. Autoveículos - Produção, licenciamento, exportações em unidades de montados e CKD (desmontados), exportações em valor e emprego. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em: 24/7/2018.
- ANPEI. Estatísticas. Disponível em: <<http://anpei.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 28/3/2018.
- AZEVEDO, M. T. DE. **Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil**, 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-28062017-110639/en.php>>. Acesso em: 22/3/2018.
- BALASINGHAM, K. **Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies**, 2016. University of Twente. Disponível em: <[http://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham\\_BA\\_MA.pdf](http://essay.utwente.nl/70665/1/Balasingham_BA_MA.pdf)>. Acesso em: 22/3/2018.
- BAXTER, M. R. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Blucher, 2000.

BCG. Industry 4.0. Disponível em: <[https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry\\_40\\_Future\\_of\\_Productivity\\_April\\_2015\\_tcm80-185183.pdf](https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf)>. Acesso em: 22/3/2018.

BERNARD, A. (ORG.). **Global Product Development**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011.

BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G. A Survey of Augmented Reality. **Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction**, 2015.

BIRKHOFFER, H. (ORG.). **The Future of Design Methodology**. London: Springer London, 2011.

BOČKOVÁ, N.; MELUZÍN, T. Electronics Industry: R&D Investments as Possible Factors of Firms Competitiveness. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 2016. The Author(s).

BRENNAN, L.; FERDOWS, K.; GODSELL, J.; et al. Manufacturing in the world: where next? (P. Brian Fynes and Professor Paul Coug, Org.) **International Journal of Operations & Production Management**, 2015.

CHEN, Y. Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. **Engineering**, 2017. Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company.

CHOI, K.; NARASIMHAN, R.; KIM, S. W. Opening the technological innovation black box: The case of the electronics industry in Korea. **European Journal of Operational Research**, 2016. Elsevier Ltd.

DUBEY, R.; GUNASEKARAN, A.; CHILDE, S. J.; WAMBA, S. F.; PAPADOPOULOS, T. The impact of big data on world-class sustainable manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2016.

ELMARAGHY, H.; MOUSSA, M.; ELMARAGHY, W.; ABBAS, M. Integrated Product, System Design and Planning for New Product Family in a Changeable Learning Factory. **Procedia Manufacturing**, 2017.

ENG, T. Y.; OZDEMIR, S. International R&D partnerships and intrafirm R&D-marketing-production integration of manufacturing firms in emerging economies. **Industrial Marketing Management**, 2014.

FACHINELLO, T.; OLIVEIRA, M. F.; CUNHA, G. D. Análise do Processo de Desenvolvimento de Produtos Empresarial. **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2004.

FERNANDES, D. S. **Proposta De Modelo De Processo De Desenvolvimento De Produtos Para Indústria Do Vestuário De Moda De Micro E Pequeno Porte**, 2013. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/trabalhoConclusaoWS?idpessoal=6918&idprograma=40001016070P1&anobase=2013&idtc=7>>. Acesso em: 22/3/2018.

FIEMG. Brasil terá o maior complexo para inovação da América Latina. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/brasil-tera-o-maior-complexo-para-inovacao-da-america-latina/>>. Acesso em: 28/3/2018.

FIESC. Parceria entre Instituto SENAI e WEG gera inovação para a área de inspeção de componentes eletroeletrônicos. Disponível em:

<<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/parceria-entre-instituto-senai-e-weg-gera-inovacao-para-a-area-de-inspecao-de-componentes-eletronicos/>>. Acesso em: 28/3/2018.

FLATSCHER, M.; RIEL, A. Stakeholder integration for the successful product–process co-design for next-generation manufacturing technologies. **CIRP Annals**, 2016. CIRP.

FRANCALANZA, E.; BORG, J.; CONSTANTINESCU, C. A knowledge-based tool for designing cyber physical production systems. **Computers in Industry**, 2017. Elsevier B.V.

FURLAN, P. K.; LAURINDO, F. J. B. Agrupamentos epistemológicos de artigos publicados sobre big data analytics. **Transinformação**, 2017.

GAMA, L.; SEABRA, R. Lançada Frente Parlamentar para defender indústria eletroeletrônica e inovação. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/INDUSTRIA-E-COMERCIO/542854-LANCADA-FRENTE-PARLAMENTAR-PARA-DEFENDER-INDUSTRIA-ELETRONICA-E-INOVACAO.html>>. Acesso em: 28/3/2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª edição ed. Atlas, 2008.

GRUNSVEN, L. VAN; HUTCHINSON, F. E. The evolution of the electronics industry in Johor (Malaysia): Strategic coupling, adaptiveness, adaptation, and the role of agency. **Geoforum**, 2016. Elsevier Ltd.

GTAI. Industrie 4.0 - SMART MANUFACTURING FOR THE FUTURE. **Germany Trade & Invest**, p. 21, 2014. Disponível em: <<https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/policies-documents-folder/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>>. Acesso em: 27/3/2018.

HUANG, C. C.; LIANG, W. Y.; YI, S. R. Cloud-based design for disassembly to create environmentally friendly products. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2017. Springer US.

IMD. Imd World Competitiveness. Disponível em: <<https://www.imd.org/research/education-publications/>>. Acesso em: 12/2/2018.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **JURAN'S QUALITY HANDBOOK**. 5º ed. McGraw-Hill Professional, 1998.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H. G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. **Business and Information Systems Engineering**, 2014.

LCR 4.0 AND EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND. The Nine Pillars of Industry 4.0. Disponível em: <<http://lcr4.uk/2017/01/19/nine-pillars-industry-4-0/>>. Acesso em: 26/3/2018.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, 2015. Society of Manufacturing Engineers (SME).

LIU, A.; LU, S. C. Y. A crowdsourcing design framework for concept generation. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 2016. CIRP.

MACHADO, D. D. P. N.; CARVALHO, L. C. DE. Ambiente favorável ao desenvolvimento de inovações: proposição de um modelo de análise organizacional. **Revista de Administração**, 2013. Elsevier Masson SAS.

MACULAN, B. C. M. DOS S.; LIMA, G. A. B. DE O. Buscando uma definição para o conceito de “conceito”. **Perspectivas em Ciência da Informação**, 2017.

MARZI, G.; DABIĆ, M.; DAIM, T.; GARCES, E. Product and process innovation in manufacturing firms: a 30-year bibliometric analysis. **Scientometrics**, 2017. Springer Netherlands.

MILEWSKI, S. K.; FERNANDES, K. J.; MOUNT, M. P. Exploring technological process innovation from a lifecycle perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, 2015.

MONOSTORI, L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia CIRP**, 2014. Elsevier B.V.

MORAES, F. T.; WATANABE, P. ciência Governo vai criar fundo privado para financiar pesquisa e inovação. **Folha de São Paulo**, p. 1–6, 2018. São Paulo. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2017/11/1935534-governo-ira-criar-fundo-privado-para-financiar-pesquisa-e-inovacao.shtml>>. Acesso em: 26/3/2018.

NAKAYAMA, R. U. Y. S. Oportunidades de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para indústria 4.0 no brasil. , 2017.

NANTES, J. F. D. Indicadores De Desempenho Em Projetos De Desenvolvimento De Produtos: Estudo De Caso Em Uma Empresa Do Setor Textil. **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO**, 2015. Fortaleza.

NETO, A. A.; PEREIRA, G. B.; DROZDA, F. O.; SANTOS, A. DE P. L. A busca de uma identidade para a indústria 4.0. **XXXV II ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO**, 2017.

NOBELIUS, D. Linking product development to applied research: Transfer experiences from an automotive company. **Technovation**, 2004.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, 2016. Elsevier B.V.

ONOHAMA, M. M. **Análise da Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos em Empresas Fornecedoras de Bens de Capital para o Setor Sucoalcooleiro**, 2011. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3381/4022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22/3/2018..

PEREIRA, A. C.; ROMERO, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, 2017. Elsevier B.V.

PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 6ª Edição ed. Project Management Institute, 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2013.

PUPO, F.; SIMÃO, E. "Indústria 4.0" terá crédito de R\$ 8,6 bi. **Valor Econômico**, p. 2018, 2018. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/5383707/industria-40-tera-credito-de-r-86-bi>>. Acesso em: 26/3/2018.

RADZIWON, A.; BILBERG, A.; BOGERS, M.; MADSEN, E. S. The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. **Procedia Engineering**, 2014. Elsevier B.V.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, K.; LOURES, E.; PIECHNICKI, F.; CANGIOLIERI, O. Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, 2017.

SELEME, R.; DE PAULA, A. **Projeto de produto: planejamento, desenvolvimento e gestão**. 1ª ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2013.

SILVA, C. E. S. DA. **Desempenho Do Processo De Desenvolvimento de Produtos**, 2001. Universidade Federal de Santa Catarina.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ª revisão ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SIVANATHAN, A.; RITCHIE, J. M.; LIM, T. A novel design engineering review system with searchable content: knowledge engineering via real-time multimodal recording. **Journal of Engineering Design**, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2002.

SOLMS, R. VON; NIEKERK, J. VAN. From information security to cyber security. **Computers & Security**, 2013.

SOUZA, D. DE; SÁ, D. DE. A Importância da Pesquisa e Desenvolvimento na Economia de Uma Organização. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 2017.

TAN, C.; HU, S. J.; CHUNG, H.; et al. Product personalization enabled by assembly architecture and cyber physical systems. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 2017.

TAN, K. H.; ZHAN, Y.; JI, G.; YE, F.; CHANG, C. Harvesting big data to enhance supply chain innovation capabilities: An analytic infrastructure based on deduction graph. **International Journal of Production Economics**, 2015.

VALENTIM, M. L. P. **O Custo da Informação Tecnológica**. São Paulo: Polis: APB, 1997.

VALOR ECONÔMICO. Brasil tem 13,2 milhões de desempregados, aponta IBGE. **Valor Econômico**, 2018. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/5627587/brasil-tem-132-milhoes-de-desempregados-aponta-ibge>>. Acesso em: 24/7/2018.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D. DA; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia : buscando uma definição para o conceito Technology : looping for a definition for the concept Resumo Abstract. **Prisma**, 2009.

WANG, J.; WANG, C. Y.; WU, C. Y. A real options framework for R&D planning in technology-based firms. **Journal of Engineering and Technology Management - JET-M**, 2015. Elsevier B.V.

WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 2016, 2016.

WANYAMA, T.; SINGH, I.; CENTEA, D. A Practical Approach to Teaching Industry 4.0 Technologies. **Online Engineering & Internet of Things**, 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York, 2003.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2017-2018. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/the-global-competitivenessreport-2017-2018>>. Acesso em: 30/3/2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. GLOBAL Competitiveness Index. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/infographics/>>. Acesso em: 30/3/2018a.

WORLD ECONOMIC FORUM. GLOBAL Competitiveness Map. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/thecompetitiveness-world-map/>>. Acesso em: 30/3/2018b.

WU, D.; ROSEN, D. W.; WANG, L.; SCHAEFER, D. Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation. **CAD Computer Aided Design**, 2015. Elsevier Ltd.

WU, D.; TERPENNY, J.; SCHAEFER, D. Digital design and manufacturing on the cloud: A review of software and services. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, 2017.

XIE, S.; TU, Y. **Rapid One-of-a-kind Product Development**. London: Springer London, 2011.

XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, 2014.

XU, X. From cloud computing to cloud manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 2012. Elsevier.

YIN, Y.; STECKE, K. E.; LI, D. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, 2018. Taylor & Francis.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

### UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

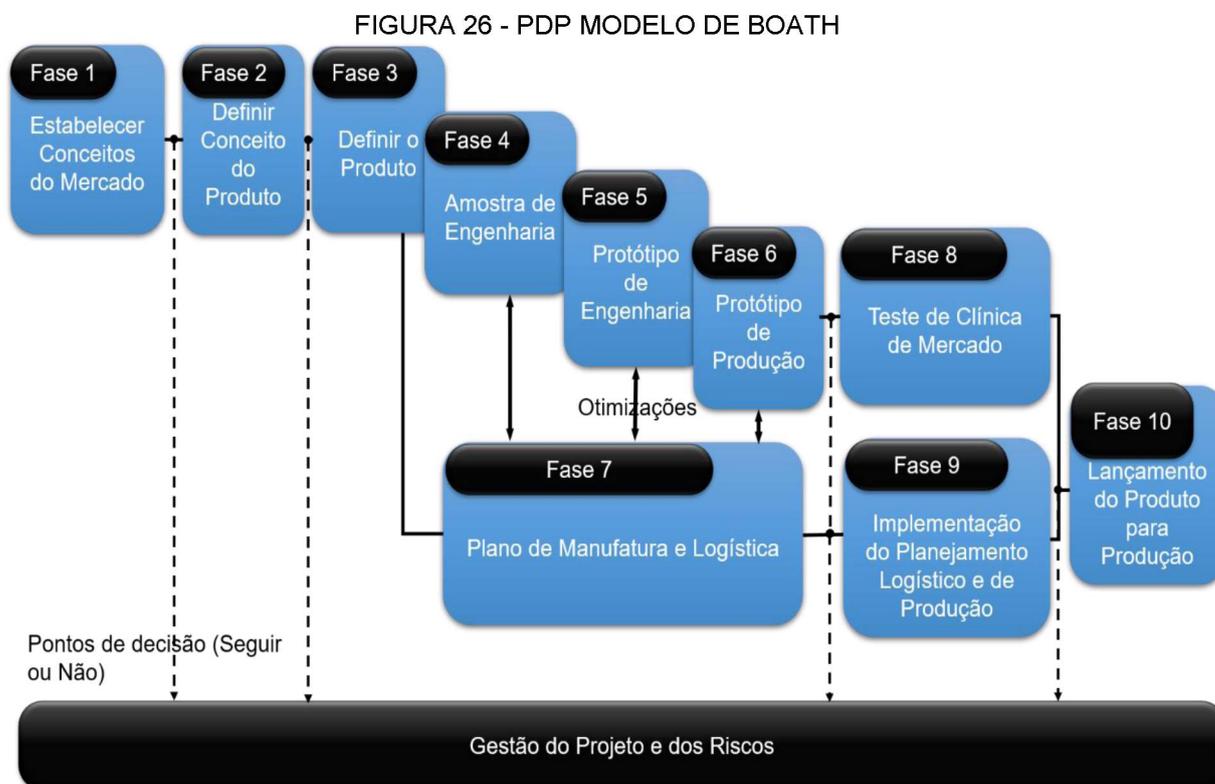
#### Mestrado em Engenharia de Produção - Protocolo de Pesquisa

Título da Pesquisa: “O impacto das ferramentas da indústria 4.0 no desempenho do processo de desenvolvimento de produtos”.

Empresa:	
Nome:	
Cargo que ocupa:	
Tempo no cargo:	
Formação Acadêmica:	

Esse questionário faz parte de um trabalho de pesquisa que tem o objetivo de avaliar o impacto de tecnologias/ferramentas propostas pela Indústria 4.0 sobre o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos na indústria elétrica e eletrônica.

1. O modelo abaixo, mostra como são as etapas do processo de produto em sua empresa?  
Caso não, favor listar quais seriam as fases e ordem que ocorrem.



FONTE: adaptado de BOATH, D. (1993, citado por JURAN E GODFREY, 1998)

2. Os indicadores abaixo representam todos os indicadores utilizados para avaliar o desempenho do processo de desenvolvimento de produto em sua empresa? Se não, favor informar quais os principais indicadores utilizados?

- I.  Time To Market .
- II.  Inovação.
- III.  Satisfação dos Clientes.
- IV.  Market Share.
- V.  Margens de Lucro e Retorno do Investimento.
- VI.  Produtividade do Projeto.
- VII.  Precisão em converter necessidades do cliente em produto.
- VIII.  Qualidade e Conformidade.
- IX.  Custo total do Projeto.
- X.  Prazo de Entrega.
- XI.  Taxa de mudanças realizadas nos projetos e Quantidade de projetos interrompidos.

As questões abaixo, são relacionadas com a indústria 4.0 e suas tecnologias/ferramentas.

3. No PDP de sua empresa já é utilizada alguma ferramenta/tecnologia da indústria 4.0?

Não       Sim / Quais?

---

---

4. Além das tecnologias mencionadas abaixo, você acrescentaria outras?

- 1) Big Data
- 2) Realidade Aumentada
- 3) Internet das Coisas
- 4) Computação em Nuvem
- 5) Manufatura Aditiva
- 6) Robôs e Sistemas autônomos
- 7) Simulações
- 8) Ciber Segurança
- 9) *Cyber Physical Systems*
- 10) Integração de Sistemas

---

---

5. A partir do modelo de PDP apresentado na questão 1, foi feita a tabela abaixo onde as colunas são as fases do projeto e as linhas são as ferramentas e tecnologias da indústria 4.0. Pedimos para que informe se as ferramentas já são ou podem ser utilizadas em cada uma das etapas. Também avalie quais são ou seriam os possíveis impactos, benefícios ou malefícios de cada uma delas.

QUADRO 18 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA 4.0 COM O MODELO DE PDP DE BOATH

Ferramentas da 4.0	Etapas do Processo									
	Estabelecer Conceitos do Mercado	Definir Conceito do Produto	Definir o Produto	Amostras de Engenharia	Protótipos de Engenharia	Protótipos de Produção	Planejamento de Manufatura e Logística	Teste de Clínica e de Mercado	Implementação do Planejamento Logístico e de Produção	Lançamento do Produto para Produção
Big Data	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1
Realidade Aumentada	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.2
Internet das Coisas	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.3
Computação em Nuvem	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4
Manufatura Aditiva	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5
Robôs e Sistemas autônomos	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6
Simulações	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7
Ciber Segurança	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8
<i>Cyber Physical Systems</i>	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9
Integração de Sistemas	1.10	2.10	3.10	4.10	5.10	6.10	7.10	8.10	9.10	10.10

Fonte: O autor (2019)

6. Conhecendo as ferramentas da 4.0, você avalia ser necessário adicionar, remover, reordenar ou alterar alguma fase do PDP?
- 
- 
- 

### **Resumo dos conceitos das tecnologias da indústria 4.0.**

- **Big Data**

O termo Big Data se refere ao alto volume de dados virtuais que provêm de múltiplas e autônomas fontes, com controles distribuídos e descentralizados. (Furlan; Laurindo, 2017, citado por McAfee & Brynjolfsson, 2012; Wu et al., 2014; Zhang et al., 2014b). Conforme Tan et al. (2015), o Big Data, ou grandes bases de dados, podem ir desde coordenadas de GPS até as informações que estão nas redes sociais. Podendo incorporar textos, áudios e vídeos.

- **Realidade Aumentada**

Billingham et al. (2015) traz a definição de Azuma, (1997) para Realidade Aumentada, onde afirmar que essa é a tecnologia que deve possuir três aspectos combinados, sendo eles: Combinação do ambiente real e virtual, Interação em tempo real e Registros e Projeções tridimensionais.

- **Internet das Coisas**

Segundo Kranenburg, (2008, citado por Xu et al., 2014) a Internet das Coisas é uma infraestrutura global e dinâmica, com capacidade de autoconfiguração através de protocolos onde itens físicos e virtuais terão identidades, atributos, personalidades e interfaces.

- **Computação em Nuvem**

Xu (2012) aborda que a computação em nuvem é um modelo que dispõe de uma rede de recursos computacionais, acessíveis de maneira conveniente e sob demanda. Que pode ser utilizada e adaptada de maneira rápida e sem grandes custos e dependências de provedores.

- **Manufatura Aditiva**

Como pode ser visto no trabalho de Chen (2017) a Manufatura Aditiva está relacionada a chamada impressão 3D no universo da 4.0. Porém, Oesterreich; Teuteberg (2016) afirmam que é uma tecnologia que permite a manufatura automática de estruturas complexas, através da deposição de material camada sobre camada.

- **Robôs e Sistemas autônomos**

A partir dos trabalhos de Pereira; Romero (2017), Balasingham (2016), Monostori (2014), ACATECH (2013) e Nakayama (2017) é possível compreender que o conceito de autônomo. Seja através de robôs que poderão atuar sem necessidade de supervisão ou

intervenção, seja através de sistemas que conseguirão trocar e analisar dados de mesma forma, como “robôs virtuais”.

- Simulações

Segunda a BCG (2015), as simulações já são utilizadas pelas empresas, simulando produtos em ambientes 3D, materiais e processos, na fase de projeto de engenharia ou projeto de produto. O que abordam é que a simulação passará a ser em tempo real e será um espelho da realidade do mundo físico. Sendo simulado, desde os processos nos projetos até as configurações das máquinas no processo produtivo.

- Ciber Segurança

Solms; Niekerk (2013) exploraram que Cyber Security, não é apenas a segurança do mundo cibernético, mas também a proteção daqueles que utilizam esse espaço e de seus ativos.

- *Cyber Physical Systems*

Azevedo (2017) menciona que Cyber Physical Systems (CPS) é um ambiente de sistemas integrados com sensores inteligentes que podem se auto ajustar ou configurar automaticamente os processos de produção de forma descentralizada e em conformidade com os dados coletados e analisados em tempo real. Para isso cada componente físico teria uma réplica no mundo virtual.

- Integração de Sistemas

Wanyama et al. (2018) assim como ACATECH (2013) e Oesterreich; Teuteberg (2016) mencionam que para a indústria 4.0 conseguir ser implementada é preciso de integrações sistêmicas. Como:

- Integração Horizontal: refere-se à integração de vários sistemas de TI utilizados em diferentes estágios da produção e do planejamento da empresa. Exemplos: Logística inbound e outbound, produção e marketing, conforme (ACATECH, 2013)

- Integração Vertical: segundo a ACATECH (2013) está relacionada a integração de vários sistemas de TI em diferentes níveis de hierarquia. Exemplos: Sensores e máquinas, controles, plano de produção, plano estratégico da empresa.

- End-to-end engineering: Seria a integração da engenharia ponta a ponta de toda a cadeia de valor, tanto do produto quanto do sistema de manufatura, para dar suporte a customização de produtos, conforme. (WANG ET AL., 2016)