

Conflitos entre as tecnologias da Indústria 4.0 e o Processo de Desenvolvimento de Produtos.

Gregori Schneider (UFPR) schneider.gregori@gmail.com

Robson Seleme (UFPR) robsonseleme@hotmail.com

Resumo:

A pesquisa e desenvolvimento (P&D) de produtos, resultando em inovação, é um dos fatores principais para aumentar a produtividade e a competitividade das organizações conforme Souza e Sá (2017). Nesse sentido, esse trabalho tem o objetivo de analisar o impacto das tecnologias propostas pela Indústria 4.0, como Big Data, Sistemas Físicos-Cibernéticos e Computação em Nuvem, sobre o desempenho dos projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos na indústria do segmento de elétrica e eletrônica. Para que o objetivo fosse alcançado, o trabalho se fundamenta em análise de conteúdo realizada em publicações sobre o tema, buscando materiais que detalhassem tanto as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) quanto as tecnologias da Indústria 4.0. Como resultados conseguiu-se analisar quais são as etapas de PDP e quais das tecnologias da Indústria 4.0, já foram estudadas e quais as constatações que já foram feitas sobre os temas. Além disso foi possível propor estudos futuros a partir das lacunas científicas evidenciadas.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), Indústria 4.0, Novas Tecnologias.

Conflicts between Industry 4.0 technologies and the Product Research and Development Process

Abstract

The products research and development resulting in innovation, is one of elements to increase productivity and competitiveness in organizations, as said by Souza and Sá (2017). In this way, this research has the objective of analyze the impact of the technologies proposed by the industry 4.0, as example Big Data, Cybernetic-Physical Systems and Cloud Computing, upon the product research and development process in the electrical and electronical industries. To active this objective, this work was built over bibliographic searches of Product Research and Development Process and the Industry 4.0 Technologies. As result, this work analyzed which fazes of Product Research and Development Process and of Industry 4.0, were studied and the results of their interactions. Moreover, was possible to proposed futures studies with the gaps discovered.

Key-words: Product Research and Development Process, Industry 4.0, New Technologies

1. Introdução

Dentro do contexto global a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de produtos, é uma das formas de buscar a inovação. Sendo esse, um dos fatores principais para aumentar a competitividade e também os níveis de eficiências das organizações (SOUZA E SÁ, 2017). Visão essa compartilhada na dissertação de Fernandes (2013), no artigo de Nobelius (2004) e também de Marzi et al. (2017). Onde é possível verificar, 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.

Outros autores como Milewski et al. (2015), abordam a questão tecnológica e suas mudanças no desenvolvimento de produtos. Expondo que esse é um fator crítico, pois impacta tanto no produto final, quanto 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.

Analisando essas situações no contexto global Machado e Carvalho (2013), discutem que a inovação passa a ser um tema de competitividade global entre empresas ou países. Isso se verifica também no relatório do Fórum Econômico Mundial, World Economic Forum (2017).

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*, onde busca-se demonstrar as tendências sobre esse tema (IMD, 2018). Compreendendo esse cenário onde 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 na indústria, por meio da realização de análise de conteúdo, com base em publicações.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Processos de Desenvolvimento de Produtos

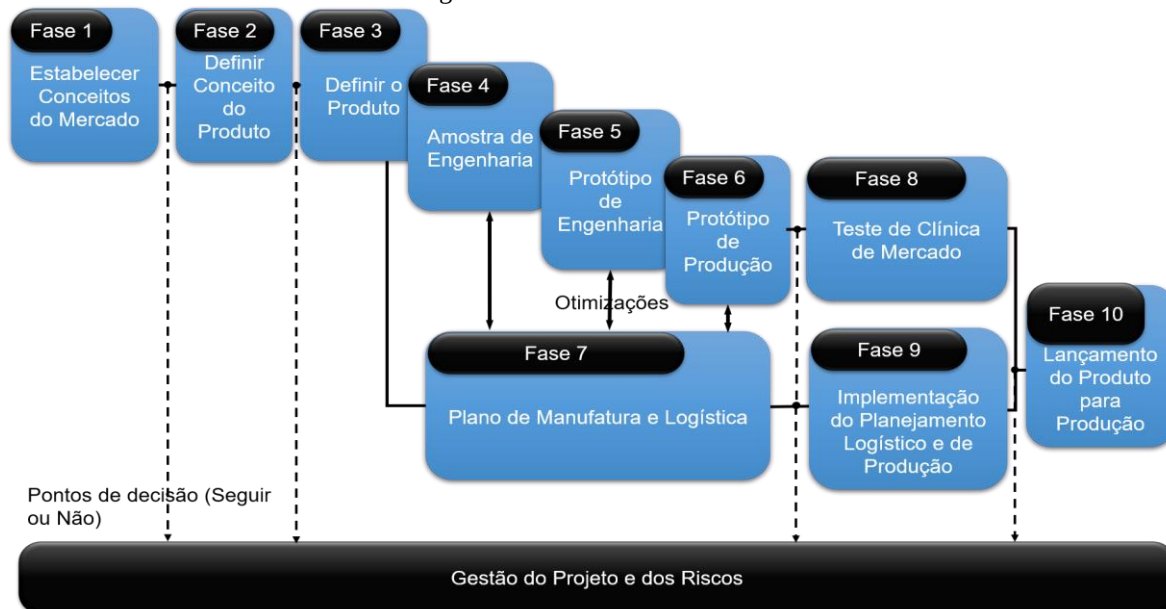
Primeiramente é preciso compreender a diferença entre P&D e PDP. O P&D pode ser definido como Pesquisa e Desenvolvimento, em inglês Research and Development (R&D), abordado por Juran e Godfrey (1998) como um conceito mais abrangente e que pode ser aplicado a pesquisas e desenvolvimentos focados em qualidade, 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.

Nesse sentido 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. Abordagem similar a essa pode ser vista, tanto no modelo de Holmes e McClaskey (1995), quanto pela abordagem feita por Slack et al. (2002) ou mesmo na abordagem de Aaker et al. (2011)

A partir dessas análises iniciais de projetos e produtos, podemos aprofundar mais na temática do PDP por meio de modelos como o de Boath (1993), figura 1. Que faz uma

abordagem sobre as etapas dos planos de desenvolvimento de produto. Esse modelo, já traz a criação de fluxos de informações entre as etapas do PDP e a Gestão de Projetos e da Empresa, bem como fica contemplando o planejamento de como esse produto será produzido.

Figura 1 – PDP modelo de Boath



Fonte: Boath, D. (1993) apud Juran e Godfrey (1998)

De maneira análoga, Wang et al. (2015), afirmam que as empresas de base tecnológica realizam pesquisas e desenvolvimentos de produtos através das seguintes fases:

- Pesquisa Base
- Especificação do Produto e Validação Analítica
- Clínica em amostras
- Avaliação clínica e estudos de validação
- Lançamento e Comercialização

Já Eng e Ozdemir (2014) abordam uma formatação para desenvolvimento de produtos na indústria de eletrônicos da China. Que é distribuída em:

- *Initial Stage* – Fase Inicial, onde são feitas as pesquisas de mercado, avaliado tecnologias “chaves” e traçado o design do produto.
- *Engineering Validation Test Stage* – Fase de Teste de Engenharia, onde são feitos protótipos funcionais e testados os componentes principais.
- *Design Validation Test Stage* – Fase de teste de Design, definido pelos autores como a fase em que são feitos os testes de confiabilidade e alguns testes de campo e produção.
- *Production Validation Test Stage* – Fase de Validação de Produção, onde são feitos os testes finais do produto e principalmente feitos os testes na linha de montagem para o início de produção.

Com esses modelos é possível compreender como são estruturados de maneira geral os PDPs dentro das indústrias, passamos então a analisar como esses projetos são avaliados e quais são seus objetivos.

2.1.1. Gestão de PDP

Antes de entrar no mérito específico de PDP, é preciso compreender o que é um projeto e quais suas contribuições para uma empresa. Nesse sentido o PMI (2017), afirma que o os projetos e projetos e seu gerenciamento são a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades a fim de cumprir determinados requisitos. Dentro de suas propostas o instituto afirma que os projetos e a gestão de projetos visam:

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

Focando mais em projetos de produtos, Silva (2001) em sua tese, faz uma segmentação entre contribuições diretas e indiretas da concepção moderna do processo de desenvolvimento e produtos, colocando da seguinte forma:

Quadro 1 - 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 elementos, podem ser vinculados aos indicadores de um projeto. Nesse sentido, Nantes (2015), traz a definição 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. Sendo os mais citados:

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

Conhecendo os modelos de PDP e seus indicadores, é necessário compreender as Tecnologias da Indústria 4.0 para podermos então passar as discussões das possível implicações de uma tematica em outra.

2.2. Tecnologias da Indústria 4.0

Para o entendimento teórico do conceito de Indústria 4.0 um dos primeiros materiais a serem estudados para essa pesquisa foi o “*Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0*” (ACATECH, 2013). Nesse documento é possível, perceber 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, principalmente por reunir em torno de si, diversas tecnologias que já existiam previamente. Nessa mesma linha, os autores Lasi et al. (2014), discutem que a Indústria 4.0 é a abregação de conjunto de conceitos e tecnologias e não um conceito único. 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 de 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.

Seguindo a literatura na busca da compreensão do tema, no documento da ACATECH (2013) é possível perceber que um dos grandes marcos para a 4ª revolução industrial foi o surgimento da internet das coisas e serviços. Conceito esse, que segundo o documento, permite a criação de um mundo cibernético que espelha o mundo real. Devido a essa integração que os sistemas cibernéticos permitem é que esse é considerado um dos conceitos principais dentro da Indústria 4.0. Conforme Lee et al. (2015), o *Cyber-Physical Systems (CPS)*, sistemas físico-cibernéticos, são 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).

Além dos conceitos já mencionados, ao analisar os estudos de LCR 4.0 And European Regional Development Fund (2018), BCG (2015), ACATECH (2013) é possível notar uma organização das tecnologias que esses estudos priorizam em nove pilares. Conforme a Figura 1.

Figura 1 - Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de BCG (2015)

Dessa forma, para que seja possível compreender melhor as componentes da Indústria 4.0 e se consiga a posterior fazer a discussão entre Indústria 4.0 e PDP, passamos a detalhar algumas das tecnologias mais citadas.

2.1.1. 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, apud 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.

2.1.2. Realidade Aumentada

Billinghurst 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.

2.1.3. Internet das Coisas

Segundo Kranenburg,(2008) apud 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.

2.1.4. 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.

2.1.5. 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.

2.1.6. 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, é importante para a indústria 4.0. 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”.

2.1.7. Simulações

Segundo 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.

2.1.8. Ciber Segurança

Von Solms; Van 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.

2.1.9. *Cyber Physical Things*

Azevedo (2017) menciona que *Cyber Physical Things (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.

2.1.10. 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 a 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.

3. Metodologia

Esse trabalho foi desenvolvido por meio de análise de conteúdo e de 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.

Nesse sentido a primeira fase foi constituída na busca por materiais para estabelecer uma visão inicial sobre os temas abordados. Focando principalmente, na Indústria 4.0 e seus impactos na criação de produtos e inovação, além dos Modelos de PDP utilizados pela indústria.

Para tanto, 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. O motivo dessa escolha foi o fato de o ano de 2012 ser o ano da adoção oficial do termo “indústria 4.0”, pelo governo alemão e por pesquisadores com a publicação de um dos primeiros documentos sobre o tema.

4. Resultados e Discussões

Compreendido os temas expostos na fundamentação teórica é possível verificar que dentro da Indústria 4.0, segundo o trabalho de Monostori (2014), existem alguns desafios para a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Esse autor foca na pesquisa e desenvolvimento de componentes para viabilizar a implantação da 4.0 e não para o produto fim. Contudo, já são argumentos que podem ser utilizados para reflexão sobre o PDP. Os principais fatores mencionados são:

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

A partir disso Monostori (2014), conclui que para que todas as propostas da Indústria 4.0 sejam postas em prática, ainda existem muitos pontos a serem desenvolvidos, principalmente no desenvolvimento de tecnologias que possam ser aplicadas. Com esse contexto já se consegue analisar que existirão impactos nos processos de desenvolvimento de produtos para que eles consigam sincronizar-se com o sistema produtivo.

Outros autores como 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 em termos de produtos e menores tempos de entregas. Exigindo melhores formas de prever e lidar com essas necessidades desde os momentos dos projetos.

Passando para PDP em específico, 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 de processamento e comunicação, com isso mais tecnologia embarcada. 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.

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. Tendo assim, potencial de reduzir o tempo ao mercado dos produtos, o custo de desenvolvimento e de manufatura, assim como aumento da qualidade. Contudo, esses autores focam 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, abortando quais delas possuem softwares em nuvem e como é a utilização desses softwares.

Além dessas análises, ainda foi possível levantar autores que passam a discutir as fases específicas dos modelos de PDP e algumas tecnologias da Indústria 4.0. Nesse sentido, Liu; Lu (2016) comentam sobre a etapa de criação ou revisão do conceito do produto, relacionando a importância da análise de bases de dados, Big Data, no processo de desenvolvimento de produtos para a criação das diretrizes gerais do produto. Esses autores, relacionam que ter uma base de dados com as características dos consumidores terá grande importância nessa etapa do PDP. Já Sivanathan et al. (2017), também discutem sobre o PDP e Big Data na fase de design. Porém, para eles a base de dados a ser formada é focada na acumulação de conhecimento através do registro de projetos e conhecimentos criados, que para eles facilitaria 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.

Brennan et al. (2015) trabalham com o conceito de manufatura aditiva, especificamente impressão 3D e os impactos sobre a elaboração dos produtos. Comentando, que a tendência é redução de tempos de projetos no período de desenvolvimento de protótipos. Eles também discutem que essa tecnologia tende a impactar a configuração da indústria clássica, passando a ser necessários possíveis novos modelos de negócios.

Outros autores, que relacionam uma das ferramentas da 4.0 com o desenvolvimento de 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. Ou seja, esses autores compreendem que durante a pesquisa e o desenvolvimento de produtos será necessário avaliar a desmontagem e a reutilização de componentes de materiais na fabricação ou no projeto de novos produtos.

O artigo dos autores Santos et al. (2017), relacionou as etapas do processo de desenvolvimento de produto com algumas tecnologias da 4.0. No trabalho desses, foi evidenciado 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. Para os autores as tecnologias da 4.0, poderiam reduzir tempos de projeto, confiabilidade e melhorar o resultado final do produto contra a expectativa do cliente. Contudo, os autores não abordam uma possível mudança do modelo de PDP, apenas a aplicação das ferramentas durante o processo. 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.

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.

5. Conclusões

Esta pesquisa procurou em estudos precedentes os possíveis conflitos e as formas de integração das Tecnologias componentes a Indústria 4.0 e o Processo de Desenvolvimento de Produtos. Nesse cenário foi possível identificar que apesar dos esforços dos pesquisadores, a nível mundial, em compreender as aplicações das novas tecnologias nos diversos processos industriais e nos últimos anos, também em outros segmentos. Observou-se a carência de análises focadas na integração e previsão dessas no PDP, através da bibliografia analisada.

Além disso foi possível avaliar através dos trabalhos de autores como Santos et al. (2017), ElMaraghy et al. (2017), Lasi et al. (2014) e demais citados, que apesar dos estudos realizados, ainda não foi possível constatar qual o real impacto das tecnologias 4.0 sobre os projetos de produtos. Esse fato pode se dar tanto pela falta de estudos mais aprofundados em

campo especificamente em PDP. Quanto pelo que foi evidenciado por Monostori (2014), Wanyama et al. (2018), ACATECH (2013) e Oesterreich; Teuteberg (2016) ainda existem vários pontos para que o conceito de indústria 4.0 consiga ser aplicado no sistema produtivo e consiga todas as integrações necessárias sistêmicas e físicas.

Por esses motivos a última contribuição desse artigo é elucidar que são necessários estudos futuros, em pelo menos três tópicos:

- a) Modelos de Processo de Desenvolvimento de Produtos focados na Indústria 4.0.
- b) Possíveis aplicações das Tecnologias da Indústria 4.0 nas etapas do PDP e suas possíveis implicações.
- c) Previsões de integração e aplicação das novas tecnologias nos produtos durante o Processo de Desenvolvimento de Produtos.

Referências

- AAKER, D. A.; KUMAR, V.; LEONE, R. P.; DAY, G. S.** Marketing Research. 11th ed. Wiley Global Education, 2011.
- ACATECH.** Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. National Academy of Science and Engineering, , n. April, p. 82, 2013.
- AZEVEDO, M. T. DE.** Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil. , 2017.
- BALASINGHAM, K.** Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies. , 2016. University of Twente.
- BCG.** Industry 4.0. The Boston Consulting Group, p. 1–20, 2015.
- BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G.** A Survey of Augmented Reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, v. 8, n. 2–3, p. 73–272, 2015.
- 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, v. 35, n. 9, p. 1253–1274, 2015.
- CHEN, Y.** Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. Engineering, v. 3, n. 5, p. 588–595, 2017. Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>>. .
- 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, v. 9, p. 65–72, 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, v. 43, n. 1, p. 32–44, 2014.
- 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.
- FLATSCHER, M.; RIEL, A.** Stakeholder integration for the successful product–process co-design for next-generation manufacturing technologies. CIRP Annals, v. 65, n. 1, p. 181–184, 2016. CIRP.
- FRANCALANZA, E.; BORG, J.; CONSTANTINESCU, C.** A knowledge-based tool for designing cyber physical production systems. Computers in Industry, v. 84, p. 39–58, 2017. Elsevier B.V.
- FURLAN, P. K.; LAURINDO, F. J. B.** Agrupamentos epistemológicos de artigos publicados sobre big data analytics. Transinformação, v. 29, n. 1, p. 91–100, 2017.
- GIL, A. C.** Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª edição ed. Atlas, 2008.

- HUANG, C. C.; LIANG, W. Y.; YI, S. R.** Cloud-based design for disassembly to create environmentally friendly products. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 28, n. 5, p. 1203–1218, 2017. Springer US.
- 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*, v. 6, n. 4, p. 239–242, 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*, v. 3, p. 18–23, 2015. Society of Manufacturing Engineers (SME).
- LIU, A.; LU, S. C. Y.** A crowdsourcing design framework for concept generation. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, v. 65, n. 1, p. 177–180, 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*, v. 48, n. 3, p. 592–607, 2013. Elsevier Masson SAS.
- MARZI, G.; DABIĆ, M.; DAIM, T.; GARCES, E.** Product and process innovation in manufacturing firms: a 30-year bibliometric analysis. *Scientometrics*, v. 113, n. 2, p. 673–704, 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*, v. 35, n. 9, p. 1312–1331, 2015. .
- MONOSTORI, L.** Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, v. 17, p. 9–13, 2014. Elsevier B.V.
- 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.** Projetos De Desenvolvimento De Produtos : Estudo De Caso Em. Xxxv Encontro Nacional De Engenharia De Producao, 2015.
- 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*, v. 24, n. 4, p. 321–334, 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*, v. 83, p. 121–139, 2016. Elsevier B.V.
- ONUYAMA, M. M.** Análise Da Gestão Do Processo De Desenvolvimento De Produtos Em Empresas Fornecedoras De Bens De Capital Para O Setor Sucroalcooleiro, 2011. Universidade Federal De São Carlos Centro..
- PEREIRA, A. C.; ROMERO, F.** A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, v. 13, p. 1206–1214, 2017. Elsevier B.V..
- PMI.** Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK). 6ª Edição ed. Project Management Institute, 2017.
- PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE.** Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2013.
- RADZIOW, A.; BILBERG, A.; BOGERS, M.; MADSEN, E. S.** The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia Engineering*, v. 69, p. 1184–1190, 2014. Elsevier B.V..
- SANTOS, K.; LOURES, E.; PIECHNICKI, F.; CANGIOLIERI, O.** Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 11, n. June, p. 1358–1365, 2017.

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

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*, v. 28, n. 10–12, p. 681–708, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JONHSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

VON SOLMS, R.; VAN NIEKERK, J. From information security to cyber security. *Computers and Security*, v. 38, p. 97–102, 2013. Elsevier Ltd.

SOUZA, D. DE; SÁ, D. DE. A Importância da Pesquisa e Desenvolvimento na Economia de Uma Organização, 2017.

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*, v. 35, p. 93–114, 2015. Elsevier B.V..

WANYAMA, T.; SINGH, I.; CENTEA, D. Online Engineering & Internet of Things. , v. 22, 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2017-2018. 2017.

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*, v. 59, n. February 2015, p. 1–14, 2015.

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*, v. 31, n. 01, p. 104–118, 2017.

XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 10, n. 4, 2014.

XU, X. From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 28, n. 1, p. 75–86, 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*, v. 56, n. 1–2, p. 848–861, 2018. Taylor & Francis.