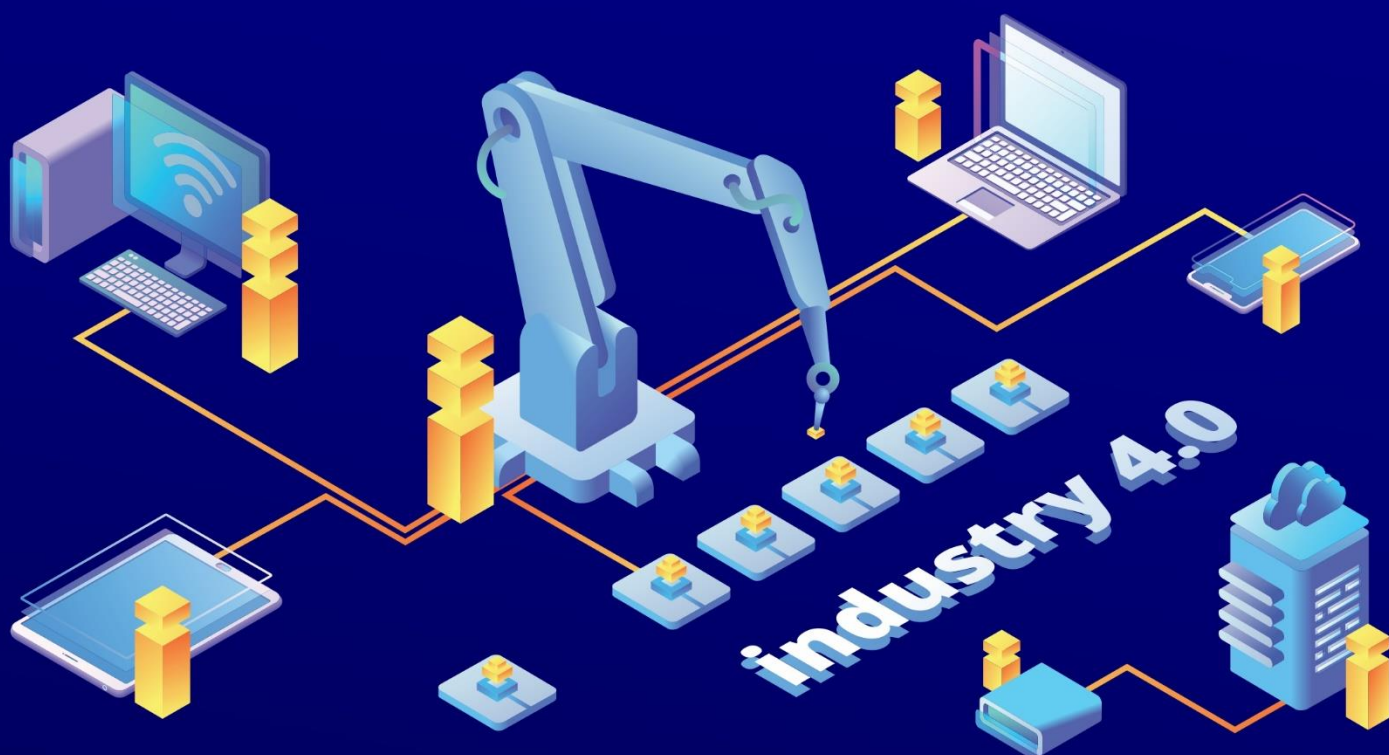
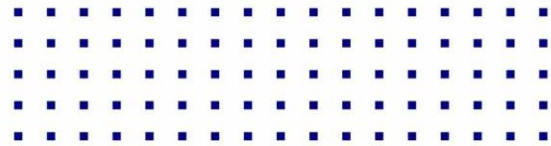


Engenharia de Produção e a **INDÚSTRIA 4.0**



LUIZ HENRIQUE DOMINGUES
(ORGANIZADOR)



LUIZ HENRIQUE DOMINGUES

(Organizador)

Editor Chefe:	Profº Dr. Adriano Mesquita Soares
Bibliotecária:	Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347
Capa:	Designed by vectorpouch / Freepik
Diagramação:	Ana Lucia Ribeiro Soares
Revisão:	Os Autores

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Andreia Antunes da Luz - Faculdade Sagrada Família

Prof.^a Dr.^a Daiane Maria De Genaro Chiroli - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Gilberto Zammar - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.^a Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak - Faculdade Sagrada Família

Prof.^a Dr.^a Leozenir Mendes Betim - Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues - Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes - Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.^a Dr.^a Pauline Balabuch - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda - Centro Universitário Santa Amélia

Prof.^a Dr.^a Regina Negri Pagani - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Rudy de Barros Ahrens - Faculdade Sagrada Família

Prof.^a Ma. Sílvia Aparecida Medeiros Rodrigues - Faculdade Sagrada Família

Prof.^a Dr.^a Sílvia Gaia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

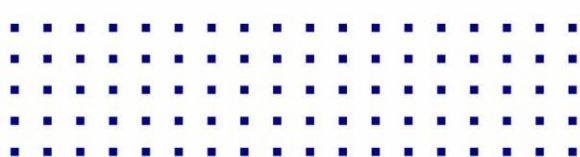
Prof.^a Dr.^a Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.^a Dr.^a Thaisa Rodrigues - Instituto Federal de Santa Catarina



© 2020 O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E A INDÚSTRIA 4.0

Editor Chefe:	Prof° Dr. Adriano Mesquita Soares
Bibliotecária:	Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347
Capa:	Designed by vectorpouch / Freepik
Diagramação:	Ana Lucia Ribeiro Soares
Revisão:	Os Autores

E576 Engenharia de produção e a indústria 4.0./ Luiz Henrique Domingues (organizador).
-- Ponta Grossa: Aya, 2020. 77 p.. -- ISBN: 978-65-88580-07-3

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
DOI 10.47573/aya.88580.2.3

1. Internet das coisas. 2. Automação industrial. 3. Revolução industrial. 4.
Automação industrial. 5. Tecnologia da informação. I. Domingues, Luiz Henrique . II.
Título

CDD: 620.82

AYA Editora©



+55 (42) 3086-3131



contato@ayaeditora.com.br

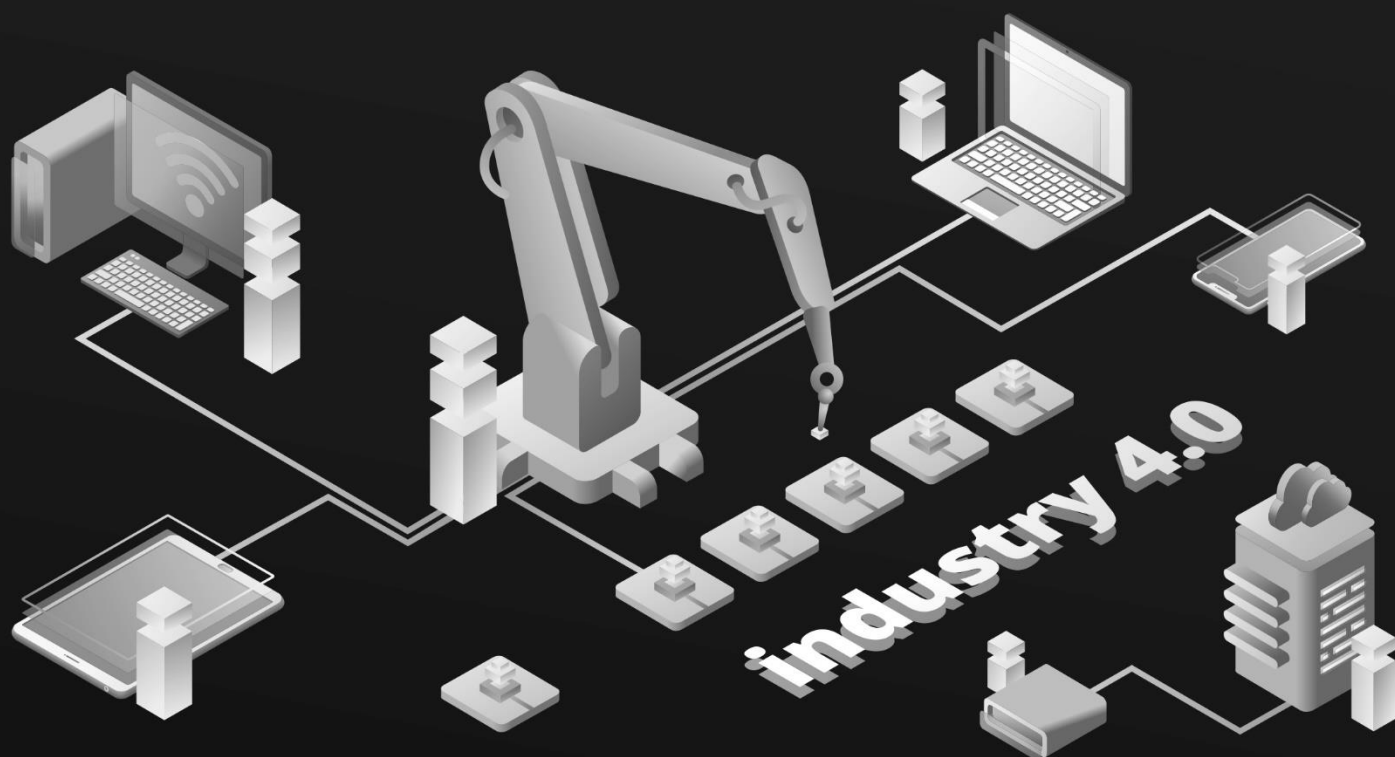


<https://ayaeditora.com.br>



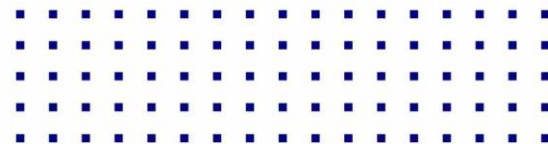
Rua: João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
84.071-150

Engenharia de Produção e a **INDÚSTRIA 4.0**

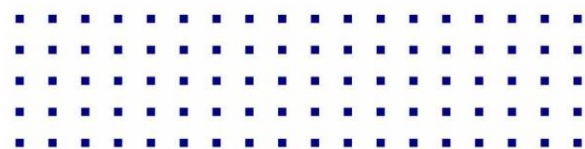


LUIZ HENRIQUE DOMINGUES
(ORGANIZADOR)

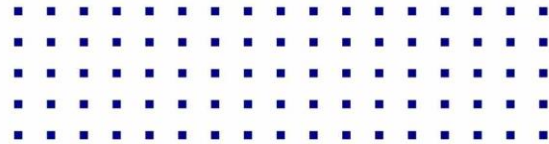
SUMÁRIO



CAPÍTULO 1	08	CAPÍTULO 2	27
Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão de Literatura		Sinergia entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 no contexto de século XXI	
Paulo Robson Melo Costa		Zaida Micaela Guentch Oglouian Saavedra Franco	
DOI: 10.47573/aya.88580.2.3.1		Carlos Alberto Oian	
		DOI: 10.47573/aya.88580.2.3.2	
CAPÍTULO 3	45	CAPÍTULO 4	61
Revisão sobre a aplicação dos paradigmas atualizados em 2005 por Chris Voss		Algoritmo de otimização metaheurística inspirado em um jogo de basquete	
Alcenir Vergilio Negri		Gylles Ricardo Ströher	
Karla A. Holub		Gisely Luzia Ströher	
Sérgio E. G. da Costa			
DOI: 10.47573/aya.88580.2.3.3		DOI: 10.47573/aya.88580.2.3.4	
ÍNDICE REMISSIVO	74	ORGANIZADOR	77



APRESENTAÇÃO



A quarta revolução industrial traz em si um processo de transformação socioeconômico profundo, com alterações expressivas no comportamento das relações comerciais, industriais e pessoais. Especificamente, as indústrias enfrentam hoje um mundo bastante globalizado e amplamente conectado, os desafios a serem vencidos são cada vez maiores. Agilidade e assertividade são essenciais para inovar e atender demandas mundiais cada vez mais personalizadas e rápidas. A produção tem se tornado cada dia mais inteligente e flexível para adequar capacidades produtivas e atender as expectativas dos clientes. O que eram simples processos, se tornaram linhas automatizadas, processos complexos e interligados. No centro desse turbilhão concentram-se as pessoas que precisam ser capazes de lidar com essa complexidade de forma estratégica. Nesse sentido, qualificar os profissionais é uma necessidade eminente. Apontada como uma das vertentes de capacitação para a Indústria 4.0, as instituições de ensino superior são o foco desse estudo para identificar se os profissionais que atuarão nesse ambiente estão sendo capacitados para enfrentar esses desafios. Especificamente, apontada em vários relatórios como a Engenharia integradora de tecnologia, automação e gestão, a Engenharia de produção entra em voga como um dos personagens centrais no fornecimento de profissionais que conduzirão processos de implementação da Indústria 4.0.

O primeiro capítulo deste livro fornece uma definição da Indústria 4.0 e identifica oito áreas-chave para a sua implementação e enquanto o segundo capítulo traz a interdependência e sinergia entre sistema *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0, destacando seus pontos em comum e os benefícios mútuos. O terceiro capítulo se propõe revisar brevemente a história da estratégia de manufatura e, então, revisar o campo de várias perspectivas diferentes, finalizando com a comparação e avaliação destas diferentes perspectivas e as ligações entre elas. Já o quarto e último capítulo deste livro traz o estudo sobre um novo algoritmo de otimização metaheurística inspirado nos eventos de uma partida de basquete, chamado de *Basketball Game Optimization Algorithm* (BGOA).

Não resta dúvidas que o leitor terá em mãos extraordinários referenciais para pesquisas, estudos, identificação e concepção de melhorias e implementação de sistemas que envolvem pessoas, materiais, informações, equipamentos, energia e maiores conhecimentos e habilidades dentro de uma linha de produção.



APRESENTAÇÃO

Por fim, esta coletânea visa colaborar com os estudos da Engenharia de Produção e da Indústria 4.0, através de autores de renome na área científica, que podem contribuir com o tema.

Luiz Henrique Domingues

Mestre em Engenharia de Produção pelo PPGE/UTFPR



CAPÍTULO

1

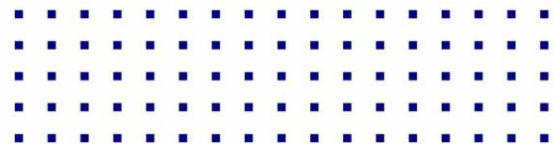


**Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma
Revisão de Literatura**

Paulo Robson Melo Costa

DOI: [10.47573/aya.88580.2.3.1](https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.3.1)





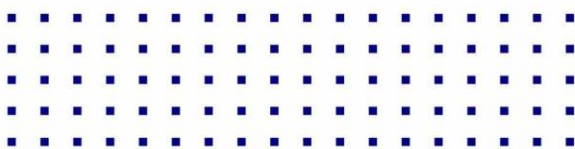
Resumo: Movidas pelos desafios contínuos de aumento de produtividade e personalização de produtos para se manterem no mercado, as indústrias, principalmente as de alta tecnologia, estão passando por um processo de mudanças na magnitude de uma revolução industrial. Sendo a quarta dentre estas grandes revoluções na indústria, o movimento está sendo chamado por Indústria 4.0 e tem como princípios fundamentais a criação de produtos, procedimentos e processos inteligentes, interconectados entre si e autônomos na tomada de decisão através de tecnologias como Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS), Internet das Coisas (IoT) e manufatura aditiva (impressão 3D). Com base em uma revisão da literatura, este trabalho fornece uma definição da Indústria 4.0, e de seu termo originário Industrie 4.0, e identifica oito áreas-chave para a sua implementação: Padronização e arquitetura de referência, Gerenciamento de sistemas complexos, Infraestrutura de banda larga para a indústria, Segurança, Organização e concepção do trabalho, Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo, Regulamentação e Eficiência dos recursos. Tendo em conta estes princípios, os acadêmicos são encorajados a investigar ainda mais sobre o assunto, enquanto os profissionais podem encontrar ajuda na implementação de estruturas apropriadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0. 4ª Revolução Industrial. Fábricas Inteligentes. Sistemas Físico-Cibernéticos. Internet das Coisas.

Industry 4.0 Principles and Scenarios: A Literature Review

Abstract: Driven by the ongoing challenges of increasing productivity and product customization to stay on the market, industries, especially high technology, are undergoing a process of change in the magnitude of an industrial revolution. Being the fourth of these major revolutions in industry, the movement is being called by Industry 4.0 and has as fundamental principles the creation of intelligent products, procedures and processes, interconnected with each other and autonomous in decision making through technologies such as Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT) and additive manufacture (3D printing). Based on a literature review, this paper provides a definition of Industry 4.0, and of its original term Industrie 4.0, and identifies eight key areas for its implementation: Standardization and Reference Architecture, Complex Systems Management, Bandwidth Infrastructure wide for the industry, Safety and Security, Organization and conception of the work, Training and continuous professional development, Regulation and Efficiency of the resources. Given these principles, academics are encouraged to further investigate on the topic, while practitioners can find help in implementing appropriate scenarios.

Key-words: Industry 4.0. 4th Industrial Revolution. Smart Factories. Cyber-Physical Systems. Internet of Things.



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O termo *Industrie 4.0* foi utilizado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, anunciado pelo Governo Federal Alemão como uma das iniciativas-chaves na estratégia de tornar a indústria nacional altamente tecnológica (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). O *Industrie 4.0* é atualmente um dos temas mais discutidos entre profissionais e acadêmicos na área de língua alemã (DRATH; HORCH, 2014).

O programa *Industrie 4.0* está sendo trabalhado na Alemanha como uma marca e, por essa razão, muitas vezes refere-se a ele sem utilizar a tradução. Essa marca engloba princípios como a implantação de “indústrias inteligentes”, ou “manufatura inteligente” e pode ser entendida como a proposta de uma 4ª Revolução Industrial. Aqui no Brasil o movimento tem sido denominado de Indústria 4.0.

Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), o programa *Industrie 4.0* pode ser descrito como o estabelecimento de redes globais, por parte das empresas, que incorporem suas máquinas (equipamentos e dispositivos), sistemas de armazenamento e instalações (de produção) na forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (CPS, do inglês *Cyber-Physical Systems*). Isso permitirá respostas autônomas e rápidas tomadas de decisão dos sistemas de produção. Deste modo, progressos significativos serão observados na gestão das empresas, uma vez que cada sistema terá tomada de decisão independente, sendo capaz de analisar suas especificações e se comunicar com outros sistemas, transferindo informações úteis.

O impacto econômico desta revolução industrial é esperado que seja enorme, uma vez que a Indústria 4.0 promete um aumento substancial da eficácia operacional, bem como o desenvolvimento de modelos, serviços e produtos de negócios completamente novos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Por se tratar de um tema relativamente recente e ainda pouco abordado no Brasil, este trabalho pretende, com base em uma revisão de literatura, fornecer a definição e apresentar os principais temas que devem ser considerados ao implementar as soluções da Indústria 4.0.

CAPÍTULO 1

METODOLOGIA

Para este trabalho, foi realizado um levantamento dos artigos com maior quantidade de acesso das bases de dados *IEEE Xplore*, *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*, além disso, também foram utilizadas referências que estão fora dessas bases de dados, mas são referência no assunto. Utilizou-se o método de pesquisa bibliográfica para que fosse possível analisar tudo o que já foi produzido relacionado ao assunto e coletar os dados mais relevantes e principais temas ligados à Indústria 4.0. Durante as buscas, foram empregadas as seguintes palavras-chave: *Industrie 4.0*; *Industry 4.0*; *Internet of Things*; *Internet of Services*; *Cyber-Physical Systems* e *Smart Factories*. Por meio da leitura desses artigos, selecionou-se os artigos de maior relevância e maior relação com o tema e objetivos propostos. Os artigos foram selecionados tomando como base uma revisão narrativa (ROTHER, 2007).

Revisão Bibliográfica

O termo Indústria 4.0 surgiu recentemente e trata de um conjunto de inovações e princípios que quando somados, podem resultar em um avanço enorme na produção industrial, nos produtos e até na forma que vivemos. Devido aos grandes resultados esperados e à velocidade com que as mudanças estão ocorrendo, acredita-se que estamos no início de uma nova revolução industrial.

O termo Indústria 4.0 se origina no programa da indústria alemã intitulado *Industrie 4.0* um termo divulgado na Feira de Hannover em 2011 para descrever como esse novo formato de indústria vai revolucionar a organização das cadeias de valor globais (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Estratégias semelhantes ao programa alemão *Industrie 4.0* também vem sendo adotadas pelo mundo, por exemplo, *Industrial Internet* nos EUA (*The Industrial Internet Consortium*, 2014), *e-Factory* no Japão, e *Internet+* na China (*Premier of the State Council of China*, 2015).

A economia alemã é caracterizada por uma forte base industrial e a estratégia de implantação do programa *Industrie 4.0* é dual: fazer das empresas de fabricação

CAPÍTULO 1

alemã líderes de mercado e fazer do setor de equipamentos de fabricação alemã um fornecedor líder. Os fornecedores de equipamentos alemães fornecem à indústria de fabricação soluções tecnológicas líderes mundiais e, portanto, estão um passo à frente para se tornar líderes globais no desenvolvimento, produção e comercialização mundial de produtos *Industrie 4.0* (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013.).

Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) também afirmam que, em essência, a *Industrie 4.0* envolverá a integração técnica da CPD (*Continuing Professional Development*) na fabricação e logística e no uso da Internet de Coisas e Serviços e Sistemas Físico-Cibernéticos em processos industriais, essas técnicas serão explanadas a seguir. Isso terá implicações para criação de valor, modelos de negócios e organização do trabalho.

O *Industrie 4.0* está focado na criação de produtos, procedimentos e processos inteligentes. As fábricas inteligentes constituem uma característica fundamental da *Industrie 4.0*. As fábricas inteligentes são capazes de gerenciar processos complexos, são menos propensas a interrupções e são capazes de fabricar produtos de forma mais eficiente. Na fábrica inteligente, seres humanos, máquinas e recursos se comunicam entre si tão naturalmente como em uma rede social. Os produtos inteligentes conhecem os detalhes de como eles foram fabricados e como eles se destinam a serem usados (PARROTT; WARSHAW, 2017).

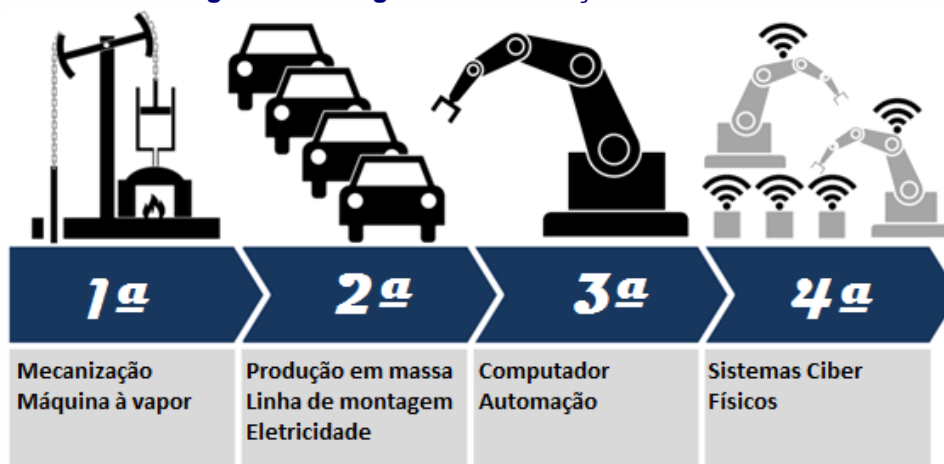
Quarta Revolução Industrial

A palavra "revolução" designa mudanças abruptas e radicais. Deste a primeira máquina de tear mecânica, datada de 1784, exatamente 233 anos atrás, até hoje, podemos distinguir 4 etapas do processo em andamento chamado Revolução Industrial. É desta forma que, atualmente, está sendo visto. O primeiro avanço ocorreu no final do século XVIII: a produção mecânica com base no vapor d'água. A segunda Revolução Industrial ocorreu no início do século XX: com a introdução de esteiras transportadoras, utilização da eletricidade e a produção em massa, a que os nomes de ícones como Henry Ford e Frederick Taylor estão ligados. A Terceira ocorreu com a automatização digital da produção por meio da eletrônica e TI na década de 1970. De acordo com Bloem (2014), nos encontramos no início desta quarta etapa,

CAPÍTULO 1

caracterizada pelos chamados sistemas físico-cibernéticos (CPS). Esses sistemas são uma consequência da extensa integração da produção, sustentabilidade e satisfação do cliente, formando a base de sistemas e processos de rede inteligente. A Figura 1 ilustra o desenvolvimento das tecnologias características de cada uma das quatro revoluções industriais.

Figura 1 – Estágios das Revoluções Industriais.

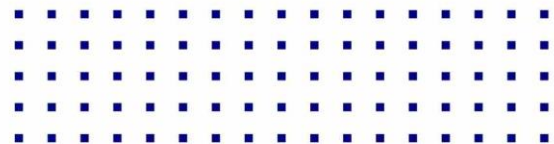


Fonte: Adaptado de Bloem et al (2014).

Schwab (2016) acredita que, hoje, estamos vivendo o início de uma quarta revolução industrial, pelos seguintes motivos:

1. **Velocidade:** Diferentemente das revoluções industriais anteriores, está evoluindo a um ritmo exponencial e não linear. Este é o resultado do mundo profundamente interligado em que vivemos e o fato de que a tecnologia está se tornando cada vez mais moderna e com maior capacidade.
2. **Largura e profundidade:** Baseia-se na revolução digital e combina várias tecnologias que estão levando a mudanças de paradigmas sem precedentes na economia, negócios, sociedade e individualmente. Não é apenas mudar o "que" e o "como" de fazer as coisas, mas também "quem" somos.
3. **Impacto de sistemas:** envolve a transformação de sistemas inteiros, em países, empresas, indústrias e sociedade como um todo.

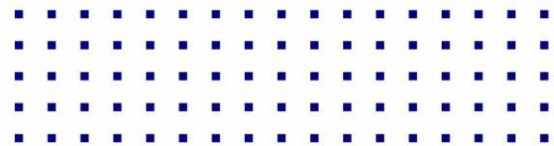
Bloem (2014) também afirma que as indústrias possuem três razões principais para adicionar softwares conectados em rede nas suas máquinas e produtos, seja nas indústrias de projetos, produção, suporte ou serviços (particularmente manutenção, reparo e revisão, operação). Software em rede, incorporado a máquinas e produtos,



fazem que com que seja possível ganhar importantes benefícios nos seguintes campos:

1. Comunicação *Machine-to-machine* (M2M) (em português máquina a máquina): Literalmente significa a comunicação da tecnologia sem a intervenção humana, assim o trabalho humano pode ser reduzido gerando importantes contribuições no aumento de eficiência e segurança. O sistema M2M faz uso de sensores e medidores para sinalizar “eventos”, estes dados são enviados, via redes de comunicação, para o software de aplicação que converterá os dados brutos em informações significativas. As empresas de telecomunicações, em particular, reconhecem a oportunidade de expandir seus serviços e obter acesso aos aspectos operacionais de seus clientes. Podemos dar um exemplo simples da fazenda “sem fazendeiros” onde, através do uso de sensores, as vacas podem ser reconhecidas pelas máquinas de alimentação e onde os sensores digitais em cápsulas dentro da vaca enviam tweets para relatar que a vaca está fértil. Este é um dos muitos exemplos.
2. Manutenção: Preferencialmente manutenção preditiva de máquinas e aparelhos eletrônicos com base em constantes relatórios de estado e, possivelmente, reparos remotos. A condição de vários equipamentos, componentes e produtos pode ser medida ao equipar as máquinas com sensores e enviar esses dados via internet ao sistema central. Um componente pode ser novo, mas seu uso excessivo pode danificá-lo prematuramente. Sabendo quais atividades têm sido executadas, ou sabendo que algumas máquinas têm sido mantidas sob trabalhos pesados durante dias, permite que a programação da manutenção seja feita de forma mais assertiva. De acordo com a IBM, este compartilhamento de dados pode gerar um aumento de 10% na produtividade pois as intervenções realizadas pela manutenção preditiva são oportunas e planejadas. O objetivo é ter zero de ociosidade provocada por manutenções não planejadas e alcançar o pico de produtividade, passando de manutenção corretiva para manutenção preditiva.





3. Envolvimento ou Interação com o cliente (*engagement*): Com este avanço, é possível compartilhar, através de qualquer tipo de eletrodoméstico (geladeiras, escova de dente elétrica, televisão, robôs de limpeza), informações de uso do aparelho de forma a criar um novo valor e forma de prestar serviços. O cliente pode ser um profissional que sempre precisa estar atualizado em suas operações e prefere receber suporte por meio de dispositivos modernos com tela ou semelhantes como o *Google Glass*. A TFL (*Traffic For London*), empresa responsável pelo transporte público na cidade de Londres, utiliza um cartão que serve como bilhete para utilização de trens, ônibus e linhas de metrô, graças ao sistema operacional que sinaliza algum mal funcionamento nos trens, é possível saber se os passageiros terão ou não que esperar muito. Como no sistema é cadastrado o número do cartão de crédito dos passageiros, o sistema da TFL automaticamente realiza o reembolso ao cliente caso o limite de tempo de espera tenha sido excedido, sem necessidade de recursos, formulários, tempo para realização de acordos e negociações – uma vantagem para ambos, passageiros e empresa. Este exemplo demonstra que podemos esperar muita criatividade no futuro.

Sistemas Físicos-Cibernéticos (CPS)

De acordo com Wolf (2009), os Sistemas Físicos-Cibernéticos se diferenciam da computação atual pois tem o objetivo de representar virtualmente toda a planta física, ao invés de utilizar abstrações. Já para Lee (2008) esses sistemas são caracterizados pela integração entre computação e processos físicos.

Para Lueth (2015), no futuro pode não haver necessidade das 5 camadas existentes na arquitetura de automação utilizada atualmente. Os serviços subscrevem automaticamente os dados necessários em tempo real, esta é a visão dos Sistemas Físicos-Cibernéticos. Na Figura 2 é apresentada as arquiteturas de “relacionamento” entre sistemas físicos e sistemas virtuais (cibernéticos) utilizadas atualmente em comparação com a que se espera para o futuro com a utilização de CPS.



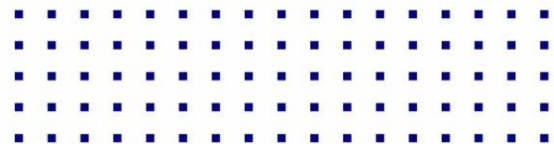
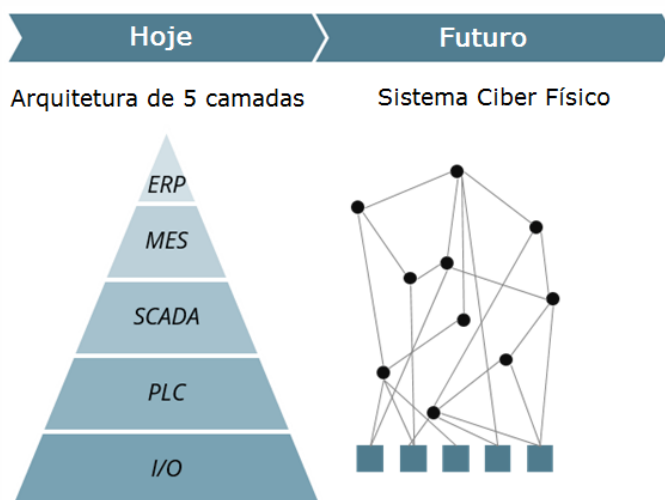


Figura 2 – Arquiteturas de automação atual e futura.



Fonte: Adaptado de Lueth (2015).

Dos Reis (2016) propõe uma plataforma inteligente para gerenciamento de ambientes físico-cibernéticos, de modo a garantir a implementação de processos que seguem as premissas da Indústria 4.0, cujo principal foco é promover a interação, o controle e a autonomia dos agentes atuantes nestes ambientes.

A arquitetura proposta por Dos Reis (2016) é composta por duas camadas essenciais: a cibernética e a física, ver Figura 3. A primeira é responsável pelo projeto e planejamento da produção individual de cada pedido, pela avaliação e alocação de recursos de produção e pela orquestração dos recursos físicos. A segunda camada, por sua vez, constitui-se de um conjunto de robôs, sensores e atuadores. A arquitetura proposta neste trabalho enfatiza o protocolo de comunicação físico-cibernético, pois o mesmo requer primariamente um meta-modelo consistente para capturar diferentes informações físicas.



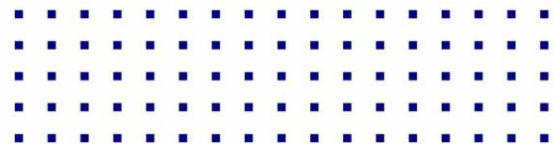
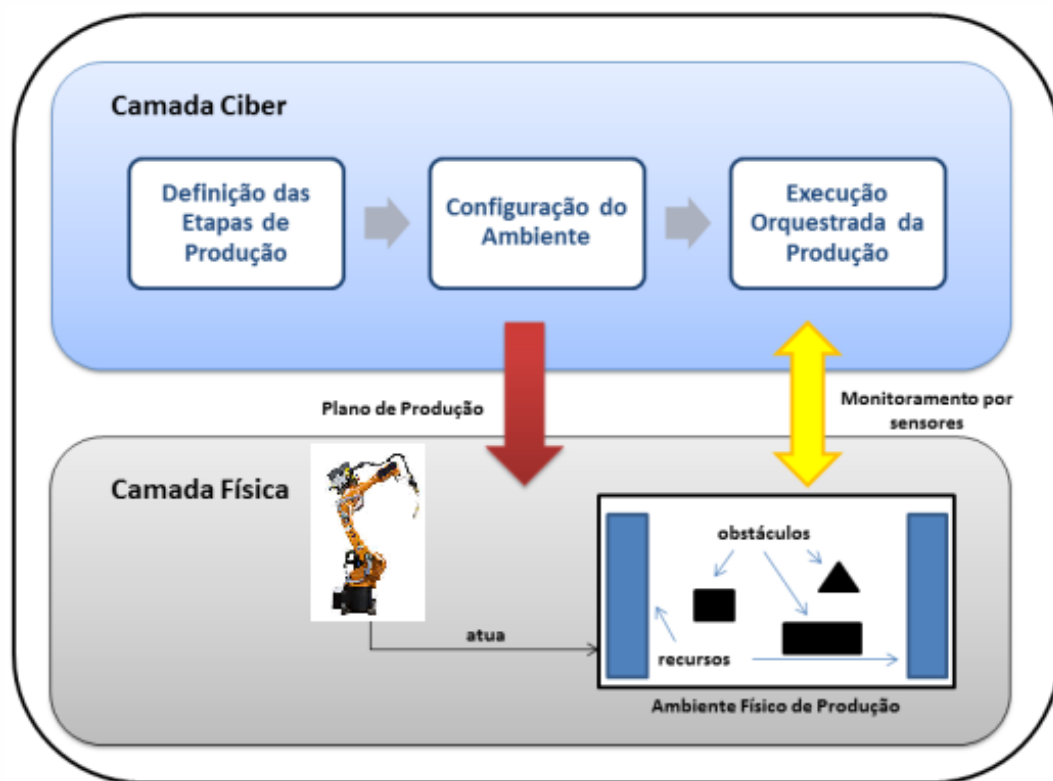


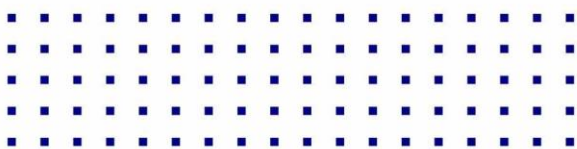
Figura 3 – Esquema da arquitetura físico-cibernética inteligente para Indústria 4.0.



Fonte: Dos Reis (2016).

A indústria moderna utiliza uma ferramenta chamada *digital twin* (gêmeo *digital* em português). Segundo Parrott e Warshaw (2017), esta ferramenta é definida, fundamentalmente, como um perfil digital evolutivo do comportamento histórico e atual de um objeto físico ou processo que ajuda a otimizar o desempenho do negócio. O objetivo de um *digital twin* é identificar desvios intoleráveis de condições ideais ao longo de qualquer uma das várias dimensões. Tal desvio é uma oportunidade de melhoria no processo, ou o gêmeo tem um erro na lógica (o que não se espera), ou tem sido identificado uma oportunidade de economizar custos, melhorar a qualidade ou conseguir maior eficiência. A oportunidade detectada pode resultar numa ação de volta no mundo físico.

A ação de um *digital twin* representa uma jornada do mundo físico para o mundo digital e de volta ao mundo físico. Esta jornada física-digital-física, ou loop, é a pedra angular da abordagem para a Indústria 4.0, de acordo com Parrott e Warshaw (2017). Na Figura 4 é mostrado como um modelo de *digital twin* pode ser empregado em um processo industrial.



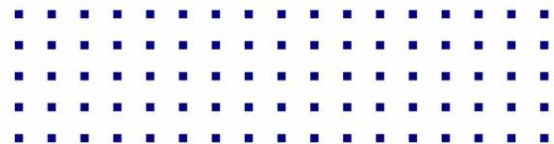
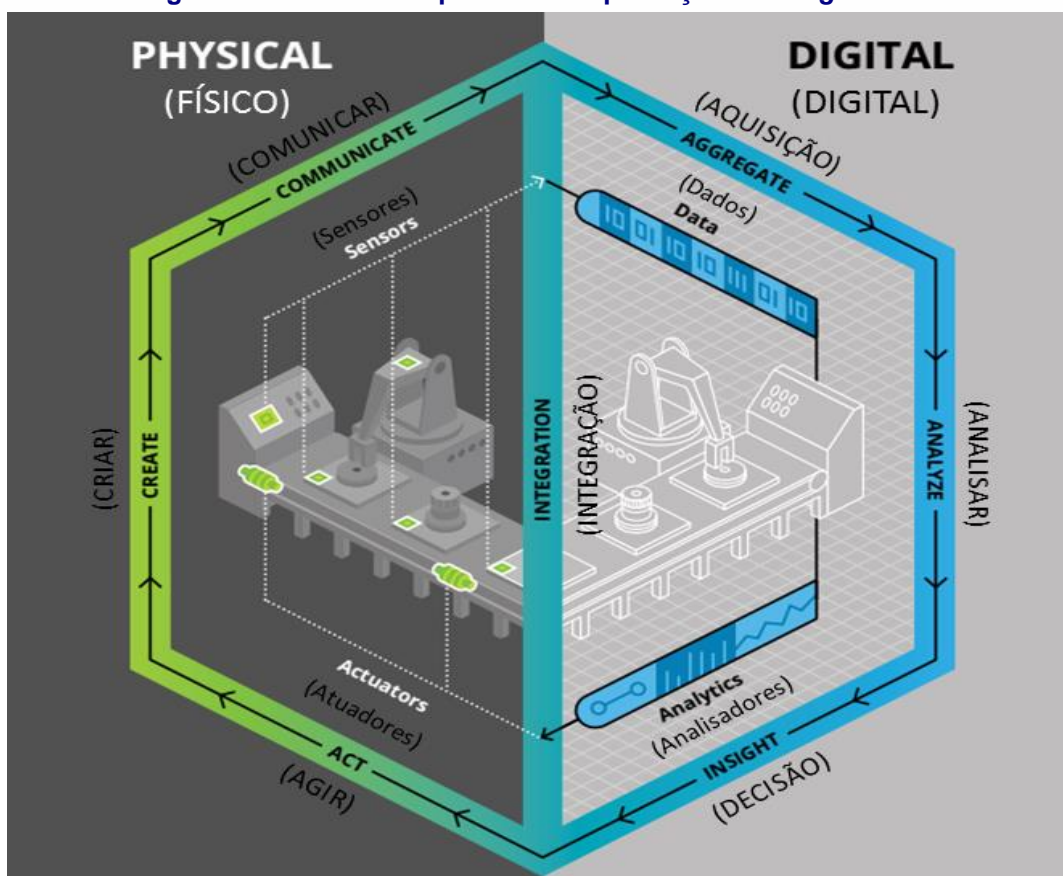


Figura 4 – Modelo com processo de produção com *digital twin*.



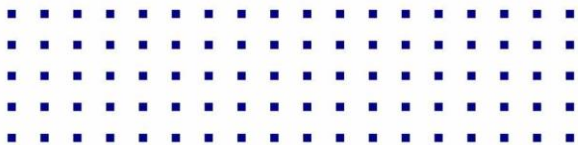
Fonte: Adaptado de Parrott e Warshaw (2017).

Internet das Coisas

Proveniente da expressão *Internet of Things* (IoT), a Internet das Coisas é uma rede de objetos físicos, veículos, prédios e outros que possuem tecnologia embarcada, sensores e conexão com a internet, sendo capazes de coletar e emitir dados (GREENGARD, 2015).

Com o aumento contínuo do poder de processamento e a queda dos preços do *hardware* (em conformidade com a Lei de Moore), é economicamente viável conectar literalmente qualquer coisa à internet. Sensores inteligentes já estão disponíveis a preços muito competitivos. Todas as coisas serão inteligentes e conectadas à Internet, permitindo uma maior comunicação e novos serviços de operação de dados com base em maiores capacidades de análise.

Os especialistas acreditam que, no futuro, todos os produtos (físicos) possam estar conectados a uma infraestrutura de comunicação onipresente, e sensores em



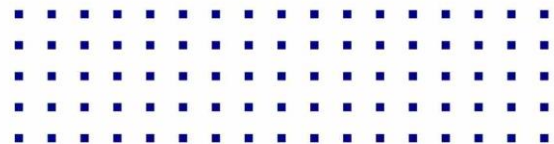
todos os lugares permitirão que as pessoas tenham informações completas do meio ambiente.

Brynjolfsson e McAfee (2014) argumentam que os computadores são tão habilidosos que é praticamente impossível prever quais aplicativos podem ser usados em apenas alguns anos. A Inteligência Artificial (AI) está ao nosso redor, desde autogerir carros e drones até assistentes virtuais e *software* de tradução. Isso está transformando nossas vidas. A AI fez um progresso impressionante, impulsionado por aumentos exponenciais no poder de processamento e pela disponibilidade de grandes quantidades de dados, desde o software usado para descobrir novos medicamentos aos algoritmos que prevêm nossos interesses culturais. Muitos desses algoritmos aprendem com as trilhas de "farelos de pão" de dados que deixamos no mundo digital. Isso resulta em novos tipos de "aprendizagem em máquina" e descoberta automática que permite que robôs e computadores "inteligentes" se autoprogamem e encontrem soluções ótimas para os problemas.

Schwab (2016), listou os possíveis impactos positivos e negativos, bem como alguns impactos resultantes da implantação da Internet das Coisas e dos Serviços que ainda não são possíveis de avaliar como sendo positivos ou negativos.

1. Impactos positivos:

- Aumento da eficiência na utilização dos recursos;
- Aumento de produtividade;
- Aumento da qualidade de vida;
- Diminuição dos custos dos serviços de entrega e logística;
- Mais transparência quanto ao uso e ao estado dos recursos;
- Segurança;
- Maior demanda de armazenamento e internet banda-larga;
- Mudanças no mercado de trabalho e habilidades;
- Criação de novos negócios;
- Mesmo difíceis, aplicações em tempo real viáveis em redes de comunicação padrão;



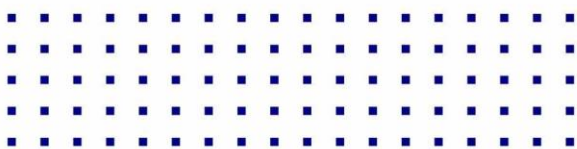
- Projeto de produtos para ser "digitalmente conectável";
- *Digital Twin* fornece dados precisos para monitoramento, controle e previsão;
- *Digital Twin* torna-se participante ativo em negócios, informações e processos sociais;
- As coisas serão habilitadas para perceber seu ambiente de forma abrangente, reagir e agir;
- Autonomia;
- Geração de conhecimento adicional e valor baseado em coisas "inteligentes" conectadas.

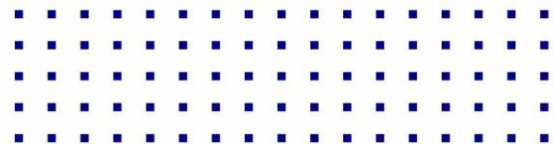
2. Impactos negativos:

- Perda de privacidade;
- Perda de emprego para mão de obra não qualificada;
- *Hacking*, ameaça de segurança (por exemplo, rede de serviços públicos);
- Mais complexidade e perda de controle.

3. Impactos de consequências desconhecidas:

- Mudança no modelo de negócios: aluguel e uso de ativos, ao invés da propriedade (aparelhos como serviço);
- Modelo de negócio impactado pelo valor dos dados;
- Toda empresa potencialmente uma empresa de software;
- Novos negócios: venda de dados;
- Infraestrutura de distribuição massiva para tecnologias da informação;
- Automação do trabalho intelectual (por exemplo, análises, avaliações, diagnósticos);
- Taxas de utilização mais elevadas (por exemplo, carros, máquinas, ferramentas, equipamentos, infraestrutura).



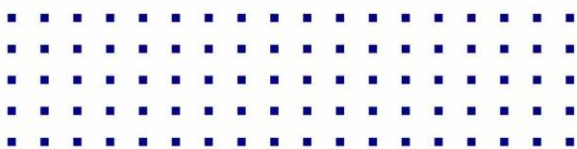


No artigo intitulado “A Internet da Coisas e o futuro da manufatura” na Mckinsey Quarterley (reconhecida como a líder mundial no mercado de consultoria empresarial), o principal homem da Bosch, Siegfried Dasch, fez a previsão de que, na indústria, todas as coisas acabarão estando conectadas entre si. Helmuth Ludwig, CEO da filial da Siemens na América do Norte, prevê a mesma coisa: do projeto à manutenção, atualizar e reutilizar, entre produtores, prestadores de serviços e clientes (MCKINSEY QUARTERLEY, 2013).

Implementação da Indústria 4.0

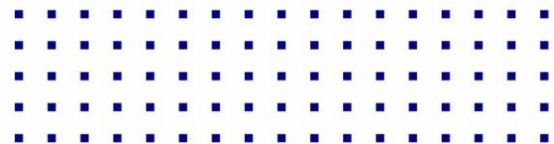
Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) afirmam que, se a *Industrie 4.0* for implementada com sucesso, as atividades de pesquisa e desenvolvimento precisarão ser acompanhadas de decisões políticas e industriais adequadas. O Grupo de Trabalho *Industrie 4.0* acredita que são necessárias ações nas seguintes oito áreas-chave:

1. **Padronização e arquitetura de referência:** O *Industrie 4.0* envolverá a rede e a integração de várias empresas diferentes através de redes de valor. Esta parceria colaborativa só será possível se um único conjunto de padrões comuns for desenvolvido. Será necessária uma arquitetura de referência para fornecer uma descrição técnica desses padrões e facilitar sua implementação.
2. **Gerenciamento de sistemas complexos:** Os produtos e os sistemas de fabricação estão se tornando cada vez mais complexos. Modelos explicativos e de planejamento apropriados podem fornecer uma base para gerenciar essa crescente complexidade. Os engenheiros devem, portanto, estar equipados com os métodos e ferramentas necessárias para desenvolver tais modelos.
3. **Infraestrutura de banda larga para a indústria:** redes de comunicação confiáveis, abrangentes e de alta qualidade são um requisito fundamental para a *Industrie 4.0*. A infraestrutura da Internet de banda larga, portanto,



precisa ser expandida em grande escala, tanto na Alemanha como entre a Alemanha e seus países parceiros.

4. **Segurança:** A segurança é fundamental para o sucesso dos sistemas de fabricação inteligente. É importante garantir que as instalações de produção e os próprios produtos não representam um perigo para as pessoas ou para o ambiente. Ao mesmo tempo, tanto as instalações de produção como os produtos e, em particular, os dados e informações que eles contêm precisam ser protegidos contra o uso indevido e o acesso não autorizado. Isso exigirá, por exemplo, a implantação de arquiteturas de segurança integradas e identificadores únicos, juntamente com os aprimoramentos relevantes para treinamento e conteúdo de desenvolvimento profissional contínuo.
5. **Organização e concepção do trabalho:** Nas fábricas inteligentes, o papel dos funcionários mudará significativamente. Cada vez mais, o controle orientado em tempo real transformará o conteúdo do trabalho, os processos de trabalho e o ambiente de trabalho. A implementação de uma abordagem sócio técnica para a organização do trabalho oferecerá aos trabalhadores a oportunidade de obter maior responsabilidade e aprimorar seu desenvolvimento pessoal. Para que isso seja possível, será necessário implantar medidas participativas de concepção do trabalho e aprendizagem ao longo da vida e lançar projetos de referência.
6. **Treinamento e desenvolvimento profissional contínuo:** A Industrie 4.0 transformará radicalmente os perfis de trabalho e competência dos trabalhadores. Por conseguinte, será necessário implementar estratégias de formação adequadas e organizar o trabalho de forma a promover a aprendizagem, permitindo a aprendizagem ao longo da vida e o CPD (*Continuing Professional Development*) no local de trabalho. Para conseguir isso, os projetos modelos e "redes de melhores práticas" devem ser promovidos e as técnicas de aprendizagem digital devem ser buscadas.
7. **Regulamentação:** Enquanto os novos processos de fabricação e as redes de negócios horizontais encontrados na Industrie 4.0 precisarão cumprir



a lei, a legislação existente também precisará ser adaptada para ter em conta novas inovações. Os desafios incluem a proteção de dados corporativos, questões de responsabilidade, tratamento de dados pessoais e restrições comerciais. Isto exigirá não apenas legislação, mas também outros tipos de ação em nome das empresas, existe uma ampla gama de instrumentos adequados, incluindo diretrizes, contratos-modelo e acordos de empresa ou iniciativas de autorregulação, como auditorias.

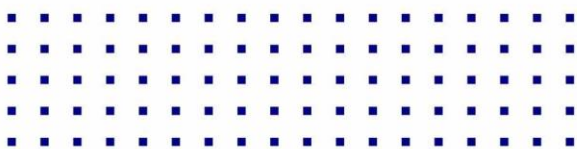
8. Eficiência dos recursos: Independentemente dos altos custos, o consumo da indústria transformadora de grandes quantidades de matérias-primas e energia também representa uma série de ameaças ao meio ambiente e segurança de abastecimento. A *Industrie 4.0* gerará ganhos em produtividade e eficiência de recursos. Será necessário calcular os *trade-offs* entre os recursos adicionais que precisarão ser investidos em fábricas inteligentes e as potenciais economias geradas.

Dos Santos, De Medeiros e Message (2017) apresentam quais recursos computacionais podem ser empregados para viabilizar e impulsionar esta nova configuração.

Mercado de Trabalho

De acordo com o relatório “*The Future of Jobs*” (O Futuro dos Empregos) do *World Economic Forum* (Fórum Econômico Mundial), o mercado de trabalho e as habilidades requeridas hoje são bastante diferentes quando comparados com as de dez ou mesmo cinco anos atrás, e o ritmo de mudança está cada vez mais acelerado. O impacto das mudanças tecnológicas, demográficas e socioeconômicas nos modelos de negócios será sentido em transformações no mercado de trabalho e nas exigências de habilidades, resultando em substanciais desafios para recrutar, treinar e gerenciar talentos (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Várias indústrias podem encontrar-se num cenário positivo de demanda de emprego para ocupações especializadas difíceis de recrutar. Por exemplo, as indústrias automobilísticas esperam o crescimento do emprego acompanhado de uma



CAPÍTULO 1

situação em que quase 40% das habilidades exigidas por empregos-chave na indústria ainda não fazem parte do conjunto básico de habilidades dessas funções hoje. O relatório da pesquisa indica que os líderes empresariais estão conscientes desses desafios iminentes, mas têm sido lentos em agir de forma decisiva. Pouco mais de dois terços dos líderes acreditam no planejamento e nos recursos de gerenciamento das mudanças da futura força de trabalho como uma prioridade muito alta ou razoavelmente alta na agenda da liderança da empresa ou organização. Em todas as indústrias, cerca de dois terços dos pesquisados também relatam intenções de investir na melhoria das habilidades dos atuais funcionários como parte de sua gestão de mudanças e futuros esforços de planejamento de força de trabalho, tornando-se, de longe, a estratégia mais bem classificada em geral (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

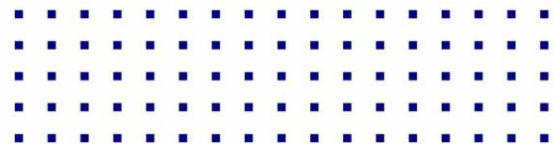
Cezar Taurion, presidente da especialista em tecnologia *Litteris Consulting*, reconhece que “indiscutivelmente haverá redução de vagas” nas indústrias. Ele também faz uma estimativa de que numa indústria que tenha mil funcionários na produção, restariam cem na após a migração para a Indústria 4.0. Na Alemanha, local de origem do programa, já existem unidades de produção totalmente 4.0, as chamadas *dark manufacture* funcionam sem pessoas e com as luzes apagadas. Em contrapartida a estas expectativas, novas funções e cargos, tendem a ser criados (SCRIVANO, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de o termo Indústria 4.0 (proveniente do termo *Industrie 4.0*) ter surgido inicialmente na Alemanha, como parte da estratégia tanto das empresas quanto do governo de empregar alta tecnologia nos meios de produção como mecanismo para a manutenção entre os líderes em nível tecnológico, competitividade e qualidade, o tema vem ganhando força e espaço em todo o globo, pois reúne tecnologias e conceitos que irão modificar a forma como a manufatura atua hoje.

Com a evolução e o barateamento das tecnologias necessárias para colocar os conceitos do programa Indústria 4.0 em prática, haverá a transição das indústrias do nível de automação atual para a utilização de sistemas físico-cibernéticos.

CAPÍTULO 1



Logicamente, cada empresa e cada setor terá seu tempo e forma próprios de avançar e direcionar sua visão para os conceitos do programa. Deste modo, é necessária a realização de estudos focados nos pontos onde a tecnologia Indústria 4.0 pode iniciar em cada empresa.

Este trabalho visou, por meio de uma revisão bibliográfica, abordar de forma a apresentar diretrizes e conceitos sobre trabalhos relacionados ao tema Indústria 4.0 para proporcionar um maior entendimento do tema e auxiliar na construção de uma análise do problema e proposição de novas discussões. A importância deste habita no fato de que o tema ainda é pouco abordado no Brasil.

As, ainda existentes, limitações da inteligência artificial, da área de segurança cibernética e da manufatura aditiva, são exemplos de que as tecnologias ainda necessitam um maior amadurecimento para o desenvolvimento da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

BLOEM, J. *et al.* **The fourth industrial revolution: Things to tighten the link between IT and OT.** SogetiLabs: Issy-les-Moulineaux, 2014.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologie.** W.W. Norton & Company: Nova Iorque, 2014.

DOS REIS, A. N. *et al.* **Ambiente Inteligente para Indústria 4.0: uma proposta baseada em agentes.** Centro de Tecnologias Digitais, Universidade Feevale, Nova Haburgo, 2016.

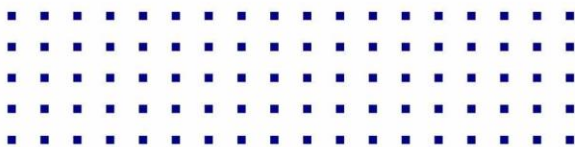
DOS SANTOS, P. R.; DE MEDEIROS, D. M. R.; MESSAGE, E. R. R. **A estrutura de tecnologia da informação na cadeia de valor sob o contexto da indústria 4.0.** In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 20, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SIMPOI, 2017.

DRATH, R.; HORCH, A. *Industrie 4.0: Hit or hype?* **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

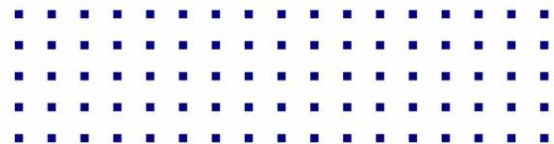
GREENGARD, S. **The Internet of Things.** Cambridge: The MIT Press, 2015.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on.** IEEE, 2016. p. 3928-3937.

SCHWAB. **Factory of the Future.** White paper: Geneva, 2015.



CAPÍTULO 1



KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative *Industrie 4.0***. National Academy of Science and Engineering, Frankfurt, 2013.

KURZWEIL, R. **The future of Moore's law**. Kurzweil Accelerating Intelligence: 2013. Disponível em: <http://www.kurzweilai.net/ask-ray-the-future-of-moores-law>.

LEE, E. A. **Cyber Physical Systems: Design Challenges**. 1th IEEE Symposium on Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), Orlando, p. 363-369, 2008.

LUETH, K. L. **Will the industrial internet disrupt the smart factory of the future?** IoT Analytics: Hamburg, 2015. Disponível em: <https://iot-analytics.com/industrial-internet-disrupt-smart-factory/>.

McKinsey Quarterly. **The Internet of Things and the future of manufacturing**. 2013. Disponível em: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_things_and_the_future_of_manufacturing_

PARROTT, A.; WARSHAW, L. **Industry 4.0 and the digital twin**. Deloitte University Press, 2017.

PREMIER OF THE STATE COUNCIL OF CHINA. **Report on the work of the government**. 3rd Session of the 12th National People's Congress, 2015.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007.

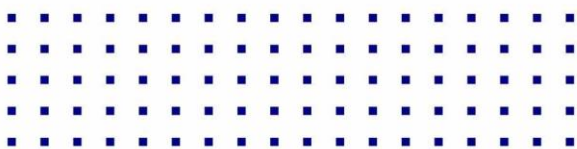
SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum: Geneva, 2016.

SCRIVANO, R. **Grande indústria já adota 'fábrica inteligente'**. O GLOBO: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: www.oglobo.globo.com/economia/grande-industria-ja-adota-fabrica-inteligente-20461261.

THE INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM: **A Global Nonprofit Partnership of Industry, Government and Academia**, 2014. Disponível em: <http://www.iiconsortium.org/about-us.htm>.

WOLF, W. Cyber-Physical Systems. **IEEE**, Los Alamitos, v. 42, e. 3, p. 88-89, 2009.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution**. Suíça, Geneva, 2016.



CAPÍTULO

2



Sinergia entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 no contexto de século XXI

Zaida Micaela Guentch Oglouian Saavedra Franco

Carlos Alberto Oian

DOI: [10.47573/aya.88580.2.3.2](https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.3.2)

CAPÍTULO 2

Resumo: O sistema Lean Manufacturing é conhecido no setor industrial mundialmente, por trazer eficiência aos processos. Entretanto, atualmente com o advento da 4ª Revolução Industrial mais conhecida como Indústria 4.0 (I.4.0) é uma nova abordagem para lidar com os problemas atuais e futuros da indústria. O sucesso da I.4.0 é beneficiado por uma estrutura do Sistema Lean de Produção (LPS). Esse trabalho visa analisar a interdependência e sinergia entre LPS e a I.4.0, destacando seus pontos em comum e os benefícios mútuos.

Palavras-chave: *Lean Production System*. Indústria 4.0. Lean 4.0.

Sinergy between Lean Manufacturing and Industry 4.0 in context of XXI century

Abstract: The Lean Manufacturing is known in the industrial sector worldwide, for bringing efficiency to processes. However, nowadays with the 4ª Industrial Revolution, better known as Industry 4.0 (I.4.0), that is a new approach to current problems and to future of industry. The success of I.4.0 profits from a structure of Lean Production System (LPS). This paper aims to analyze interdependence and synergy between LPS and I.4.0, highlighting their communalities and mutual benefits.

Key-words: *Lean Production System*. Industry 4.0. Lean 4.0.

CAPÍTULO 2

INTRODUÇÃO

O termo *Lean Production* foi cunhado na década de 1950 na fábrica da Toyota Motor Company no Japão, sendo utilizado no processo produtivo visando menor lead time, reduzindo custos e mantendo um alto padrão de qualidade. O sistema implantado é muito efetivo e simples, portanto, a partir da publicação do livro “A máquina que mudou o mundo”, por Womack et al., 1992, o Sistema Toyota de Produção (TPS – *Toyota Production System*) ou *Lean Production System* (LPS) se tornou amplamente conhecido e efetivamente implementado no mundo ocidental a partir da década de 1990. O principal objetivo do TPS é sincronizar o fator humano com o processo de processo de produção (SINGH, 2017).

O princípio básico do *Lean Production System* está baseado na redução de oito perdas. Estas perdas são transporte, armazenamento, acessibilidade do processo, movimentação desnecessária, tempo de espera, superprodução, tolerâncias “apertadas”, defeitos e acima de tudo não utilização das habilidades e conhecimentos dos trabalhadores. Porém, além das ferramentas clássicas do *Lean Production System* é preciso lembrar que os negócios estão conectados ao mundo externo (OHNO, 1988 apud LEÓN, CALVO-AMODIO; 2015) e assim, o Lean é uma resposta as relações em constante mudança; logo esse conceito é uma resposta ao contexto em que está inserido (CABRERA et al., 2008 apud LEÓN, CALVO-AMODIO; 2015). Portanto, tentar definir um modelo estático de *Lean* é falhar ao reconhecer que ele está em constante fluxo e evolução (LEÓN, CALVO-AMODIO; 2015).

Já a recente Indústria 4.0 (I.4.0) corresponde a 4º Revolução Industrial e foi apresentada na *Hannovermesse* em 2011. A Indústria 4.0 pode ser compreendida, por meio da Lei de Moore, com a queda nos preços e o aumento da performance das modernas Tecnologias de Informação e de Comunicação (ICT - *Information and communications technology*). As características mais citadas em relação a I.4.0 são sensores/atuadores, RFID (*Radio Frequency Identification*), integração horizontal e vertical além do que se pode ser otimizado com as modernidades do ICT como manufatura industrial, logística, gerenciamento de processos e negócios, transporte inteligente de pessoas e objetos (DOMBROWSKI; 2017).

CAPÍTULO 2

A implementação da I.4.0 requer processos bem definidos e de forma eficiente, antes de iniciar a automatização, logo, é necessária a definição de métodos, fornecedores, consumidores, tarefas e tempo requerido. O TPS pode suprir essa necessidade, uma vez que visa o desenvolvimento e a implementação de processos eficientes sem desperdícios, com altos padrões e altamente focado no consumidor (DOMBROWSKI; 2017). Desta forma foi possível identificar que vários autores já analisaram diferentes interdependências entre os conceitos de *Lean Manufacturing* e I.4.0, as quais podem ser divididas em quatro categorias: *Lean* como base para a Indústria 4.0, Indústria 4.0 completa o *Lean*, Indústria 4.0 aumenta a eficiência do *Lean* e Indústria 4.0 muda os princípios do *Lean* (DOMBROWSKI; 2017).

REFERENCIAL TEÓRICO

Lean Manufacturing

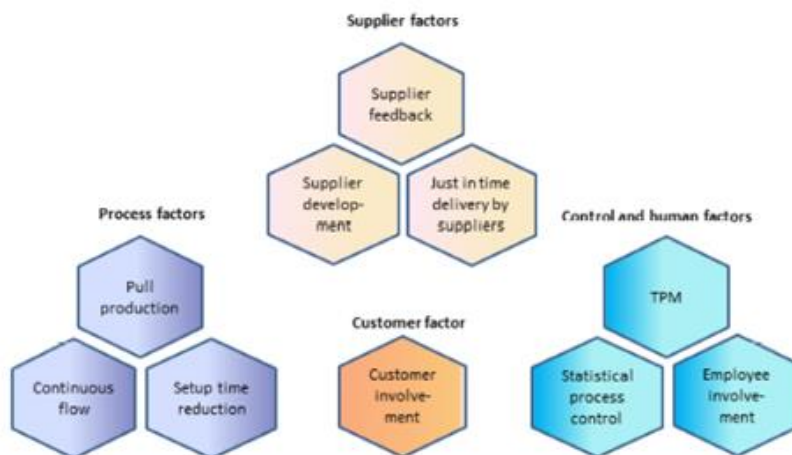
Enquanto as fábricas automobilísticas ocidentais só buscavam produzir em larga escala, o objetivo principal de Ohno era minimizar os desperdícios que levariam a redução de custos (SILBERSTON, 1959 *apud* SINGH, 2017). Na década de 1950, quando o *Lean Production System* (LPS) foi introduzido na fábrica da Toyota, uma série de diferentes métodos e princípios sincronizados, foram estabelecidos com a finalidade de controlar a produção. O processo surgiu como um meio de organizar o sistema de produção e seus componentes visando uma redução no *Lead Time*, com mínimo custo e altos padrões de qualidade (OHNO, 1988 *apud* SINGH, 2017).

Mesmo já sendo muito bem aceita, por acadêmicos e pela indústria em relação as vantagens competitivas do LPS, há uma divergência quanto a definição do mesmo. Para Shah e Ward, 2003 *apud* Léon e Calvo-Amodio, 2017, o LPS pode ser definido como uma abordagem multidimensional que abrange uma ampla variedade de práticas gerenciais que trabalham sinergicamente para criar um sistema que entrega produtos com alto padrão de qualidade no ritmo da demanda do consumidor e com um processo com mínimo desperdício. Porém, as definições sobre LPS giram em torno de perspectivas para realizar o propósito do Lean, tradicionalmente são

CAPÍTULO 2

redução de estoque, implantando práticas gerenciais, agregando valor e redução de desperdícios. Mas, classicamente as ferramentas podem ser classificadas em quatro dimensões são elas, fator do fornecedor, fator do consumidor, fator do processo e controle e fator humano, utilizadas como ilustrado na Figura 1 (SANDERS *et al.*, 2016).

Figura 1 - Dimensões agrupadas do *Lean Manufacturing*



Fonte: Sanders *et al.* (2016)

A primeira dimensão de Fator do Fornecedor, consiste em *Supplier Feedback* (*Feedback* do Consumidor), *Supplier Development* (Desenvolvimento do Fornecedor) e *Just-in-Time Delivery by Suppliers* (Entrega pelo Fornecedor no Sistema *Just-in-Time*). Já na dimensão Fator do Processo, conta com *Pull Production* (Produção Puxada), *Continuous Flow* (Fluxo Contínuo) e *Setup time reduction* (Redução do tempo de setup).

Na terceira dimensão do Fator do Consumidor, conta com o *Customer Involvement* (Envolvimento do Consumidor) e a última dimensão de a de Controle e Fator Humano que consiste em *Total Productive/Preventive Maintenance (TPM)*– (Manutenção Produtiva Total), *Statistical Process Control* (Controle Estatístico do Processo) e *Employee Involvement* (Envolvimento do Empregado).

Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é o nome dado a Quarta Revolução Industrial (I.4.0), cada revolução na história da indústria foi o resultado de uma inovação tecnológica, como visto na Figura 2. (PILGRIM, 2015). Durante a Primeira Revolução Industrial, datada

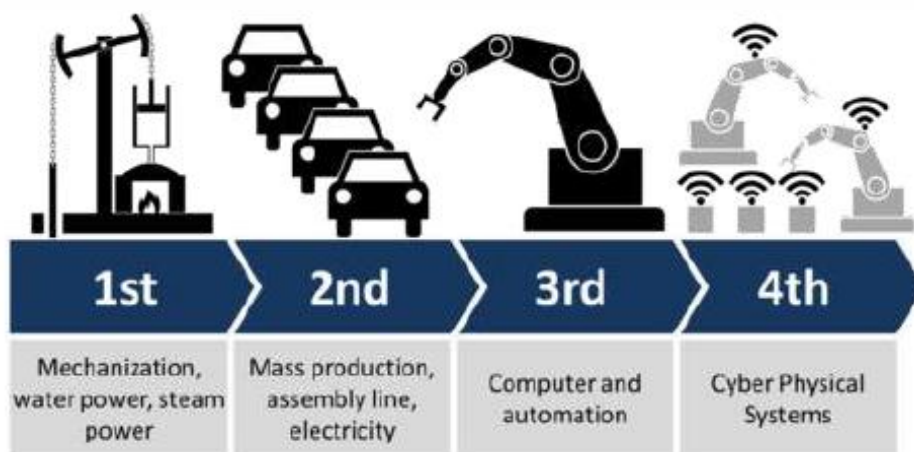
CAPÍTULO 2

do século XVIII, visava-se a mudança do rural para o industrial, a demanda dessa era o aumento do volume de produção que foi viabilizada através da mecanização, da roda d'água e da máquina a vapor (YIN *et al.*, 2017).

Já a Segunda Revolução Industrial, a qual ocorreu no final do século XIX, foi um período vertiginoso crescimento na quantidade e na variedade de produtos, mediante a produção em massa e contando com inovações tecnológicas nos setores da eletricidade, da eletrônica e da mecânica. Os nomes que mais se destacam nessa revolução são Frederick Taylor, Henry Ford e Taiichi Ohno (YIN *et al.*, 2017)

A Terceira Revolução Industrial, ocorreu na década de 1980, é caracterizada pela mudança do analógico para o digital, portanto a implementação dos computadores e da automação. Essa revolução é marcada pela redução drástica dos ciclos de vida dos produtos, a era do mercado volátil e com crescentes demandas de volume, de variedade e do tempo de entrega (YIN *et al.*, 2017).

Figura 2 - Tecnologias das revoluções indústrias



Fonte: Pilgram (2015)

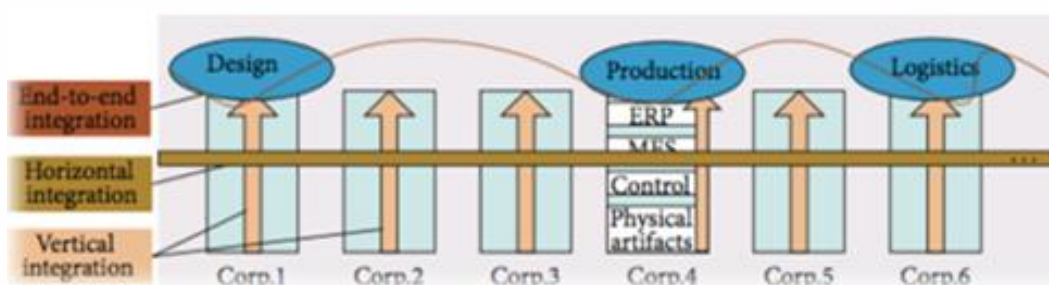
Já Indústria 4.0 é mais uma visão, do que uma definição específica, mas pode ser definida como em tempo real, de maneira inteligente e digital, conectar pessoas e equipamentos para o gerenciamento do processo de negócios e com a criação de valor em rede. (DOMBROWSKI *et al.*, 2017).

A Indústria 4.0 representa a evolução do sistema embarcado para os *Cyber Physics Systems* (CPS). Na I.4.0, sistemas embarcados, semântica da comunicação máquina-máquina, *Internet of Things* (IoT), e tecnologias CPS integram o espaço virtual com o mundo físico. Com essas novas realidades, as indústrias *smart* estão

CAPÍTULO 2

surgindo para lidar com a complexidade da produção no ambiente *cyberphysical* (XU *et al.*, 2018), e com enormes volumes de dados gerados, como nunca antes se havia visto, consequência da I.4.0 (PILGRIM, 2015). Para Singh, 2017 as ferramentas que dão base a Indústria 4.0 são *Big Data/ Big Data Analytics*, CPS, Robôs Autônomos, Simulações, Integração Horizontal, Integração Vertical, Integração de Engenharia de Ponta-a-Ponta (Figura 3), IoT, *Internet of Services* (IoS), Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e para assegurar que todo esses mecanismos funcionem, *Cybersecurity*.

Figura 3 - Diagrama das integrações verticais, horizontais e de ponta-a-ponta

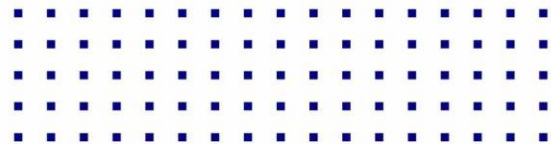


Fonte: Singh (2017)

METODOLOGIA

Lean como base para a Indústria 4.0

A mudança de denominação entre *Lean Automated* para Indústria 4.0, ainda é debatida dentro da indústria. A razão seria até que ponto o CPS e a automatização de robôs se adequam aos princípios do *Lean Production System* (SINGH, 2017). A I.4.0. pode não substituir o LPS, porém, a fim de implantá-la alguns fatores devem ser levados em consideração, como Kaizen, redução dos desperdícios, simplificação dos processos de manufatura, implantação gradual da automação, uso de estratégias flexíveis de automação, adaptação do processo produtivo ao produto para que um sistema automatizado projetado, sistema de *self-troubleshooting* (que seria após a identificação ou diagnóstico de um problema causado por alguma falha, consiste na determinação e na remediação das causas), automação integrada, um *global network* embarcado integrado via CPS, agendamento da produção (a fim de evitar estoque) e



deve ser equipado com sistema de inspeção visual para qualquer defeito (ORR, 1997 *apud* SINGH, 2017). Esses pré-requisitos levam a uma produção otimizada, estoques baixos, processos operacionais simplificados, aumento da rotatividade dos estoques e alta qualidade (SINGH, 2017).

Industria 4.0 completa o Lean

O termo *Jidoka* foi desenvolvido quando a Toyota ainda não tinha um sistema embutido de qualidade, então foi definido como a integração homem-máquina na redução de defeitos. Porém, com o avanço tecnológico criou-se um novo termo, de mesma pronuncia, *Jidoka*, o qual significa automação, que foi explicado como a automação que equivale a um humano, portanto é capaz de tomar decisões em todas as situações (SINGH, 2017).

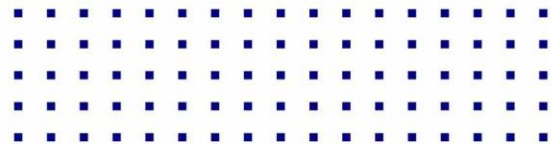
LPS visa a melhoria contínua das empresas. Portanto, há o monitoramento e previsão das expectativas de mercado, das tendências tecnológicas, avalia suas principais competências, analisando, conduzindo e gerando simulações de cenários, além de garantir a competitividade por meio de inovações contínuas (CHEN, 2010 *apud* SINGH, 2017). Portanto, a adoção de novas tecnologias para manter competitividade é esperado, dentre elas estão as características da I.4.0, os quais são detalhados na Tabela 1, que segue abaixo.

Tabela 1 – Tecnologias disponibilizadas pela I.4.0

Ferramenta	Definição
<i>RFID (Radio frequency identification)</i>	Conhecidos comumente como etiquetas empregadas na identificação e rastreamento de objetos de interesse, permitem, além da capacidade de identificação de cada item, o armazenamento e a recuperação local de características relevantes de cada item. (ZHOU; PIRAMUTHU, 2011)
<i>Augmented reality (Realidade aumentada)</i>	É o aprimoramento da percepção humana por meio da utilização de objetos virtuais, ou seja, as informações relevantes podem ser adicionadas diretamente ao campo visual do trabalhador, graças a plataformas móveis. (GORECKY <i>et al</i> , 2014)
Manufatura aditiva	A produção de peças por meio de impressoras 3D (manufatura aditiva) refere-se a um conjunto de tecnologias que produzem objetos por meio da adição de material, no lugar da remoção mecânica ou da conformação. Este processo envolve a construção de um produto em camadas pela deposição de um pó, muito fino, ou de um material líquido, o qual é então fundido ou solidificado. (DELLOITTE, 2014)

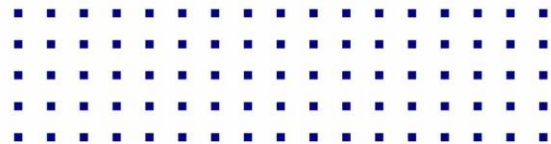


CAPÍTULO 2



<i>BigData</i>	<i>Big Data</i> é um grande banco de dados que contém informações úteis para a tomada de decisão, porém, este banco exhibe como diferencial o fato de que estas informações são dinâmicas, ou seja, os resultados das análises variam em tempo real de acordo com as alterações externas. (VENTURELLI, 2016)
<i>Big Data Analytics</i>	Analytics aplicado em Big Data é o processo de examinar os dados para descobrir padrões escondidos, correlações desconhecidas e outras informações úteis que podem ser utilizadas para a melhor tomada de decisão. Através desta análise, cientistas de dados e outras pessoas podem analisar grandes volumes de dados e retornar informações relevantes. (SAS, 2017).
<i>Virtual reality</i> (Realidade virtual)	Realidade Virtual é uma tecnologia de interface capaz de enganar os sentidos de um usuário, por meio de um ambiente virtual, criado a partir de um sistema computacional. Ao induzir efeitos visuais, sonoros e até táteis, permite a imersão completa em um ambiente simulado, com ou sem interação do usuário. (TECHTUDO, 2017)
<i>CPS (Cyber physical Systems)</i>	Os sistemas ciber-físicos (<i>CPS</i>) constituem-se na fusão dos mundos físico e virtual, e podem ser entendidos como a integração da computação com os processos físicos, ou seja, computadores e redes incorporam, monitoram, e controlam os processos físicos e os realimentam com informações e dados. (HERMANN <i>et al.</i> , 2015)
Integração Horizontal	Conecta através de sistemas <i>cyberphysical (CPS)</i> diferentes plantas distribuídas ao redor do mundo, cada uma responsável por uma etapa ou fase de um processo produtivo (BLOEM, 2014); em outras palavras, trata da digitalização envolvendo toda a cadeia de suprimentos, desde os fornecedores, passando pelos fabricantes e chegando até os clientes.
Integração Vertical	Busca conectar através de sistemas digitais as máquinas e os processos desde a matéria-prima ao consumidor final, de modo que a produção possa ser monitorada e acompanhada online e em tempo real. (BLOEM, 2014)
Manutenção Preditiva	A manutenção preditiva é um método aplicado com a finalidade de indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam seu desgaste ou processo de degradação. Consiste em monitorar regularmente as condições mecânicas, eletrônicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas dos equipamentos e, adicionalmente, o rendimento operacional de seus processos. Como resultado desse monitoramento, observa-se um aumento dos intervalos dos reparos por quebras (manutenção corretiva) e dos reparos programados (manutenção preventiva), bem como um aumento de rendimento no processo, uma vez que estes estarão disponíveis por um tempo maior para a operação. (CYRINO, 2016)
<i>Smart Factory</i>	A fusão dos mundos virtual e físico através dos <i>CPS</i> e a consequente fusão dos processos técnicos e administrativos abriram caminho para a criação do conceito de <i>Smart Factory</i> . Além da automação, a palavra de ordem é flexibilização e otimização em tempo real, graças à conectividade. (SHARMA, 2016)
<i>Smart Product</i>	É uma entidade (objeto tangível, software ou serviço) projetado e feito para se auto organizar, para incorporar diferentes ambientes (inteligentes) ao longo do seu ciclo de vida, proporcionando maior simplicidade e maior interação, tendo um comportamento proativo, com interfaces naturais. (MUHLHAUSER, 2008)
<i>IoT (Internet of Things)</i>	A <i>IoT</i> consiste em conectar máquinas e produtos, através de dispositivos e sensores, como <i>RFID</i> , código de barras, <i>QR code</i> , <i>Bluetooth</i> , entre outros, à rede de computadores, possibilitando a automação e centralização do controle e produção. (ANDERL, 2014)
<i>IoD (Internet of Data)</i>	A <i>IoD</i> permite transferir e armazenar grandes quantidades de dados de forma adequada e fornece métodos de análise para interpretar os dados em massa. (ANDERL, 2014)





<i>IoS (Internet of Services)</i>	A <i>IoS</i> fornece uma base comercial e técnica, onde prestadores de serviços e consumidores formam redes de negócios para fornecimento e consumo de serviços. Conforme Cardoso (2009), hoje há uma clara transição de uma economia baseada na manufatura para outra baseada em serviços, e é aí que a <i>IoS</i> se estabelece num ecossistema fundamentado na web e na TI.
<i>Cloud Manufacturing (Manufatura em nuvem)</i>	A manufatura em nuvem consiste em um novo paradigma de fabricação baseado em redes, ou seja, utiliza-se da tecnologia de rede, da computação em nuvem, da computação de serviços e da capacidade de fabricação que podem ser gerenciados e operados de maneira inteligente e unificados para a fabricação de produtos seguros, confiáveis, de alta qualidade, baixo custo e sob demanda. (ZHANG <i>et al.</i> , 2014)

Indústria 4.0 aumenta a eficiência do Lean

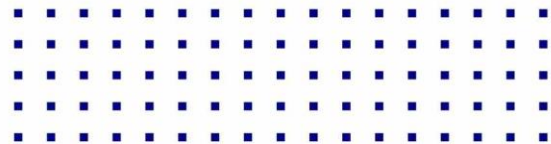
Sanders, 2016, diz que há a presença de uma correlação positiva entre o Lean Manufacturing e a Indústria 4.0. Na Tabela 2, apresenta um resumo dos desafios na implementação do LPS com os recursos já existentes na fábrica que podem ser solucionados através da I.4.0. Todos os problemas na implementação do LPS na perspectiva da integração têm uma solução nas tecnologias associadas a I.4.0. Por isso, adotando a I.4.0, indústrias são capazes de se tornar Lean sem a constante consciência e persistência dos esforços de *striving-for-lean*, os esforços realizados pelas empresas para manter-se na filosofia Lean mesmo com os empasses tecnológicos encontrados.

Concepção, operação e manutenção de uma indústria manufatureira estão aumentando consideravelmente através da Indústria 4.0. Com o avanço dos sistemas de informação e de comunicação juntamente com as estruturas de operação do Lean, uma indústria tem potencial de expandir facilmente para novos horizontes. Na Tabela 2 a seguir detalhamos as principais dimensões do LPS, os desafios associados à sua implementação e as possíveis soluções que podem ser obtidos pela adoção da I.4.0.

Tabela 2 – Correlação entre os desafios de implementação do LPS e as tecnologias do I.4.0

Dimensões do LPS	Desafios da implementação do LPS na perspectiva da integração	Soluções proporcionadas pela I.4.0
Supplier feedback	Recursos e competências limitadas	Manufatura colaborativa
	Diferença no modelo de negócios, operações e nas informações das práticas de manutenção	Mecanismos de comunicação melhores Sincronização de informações
Entrega JIT por fornecedores	<i>Status</i> incompleto no transporte dos produtos	Identificação do item



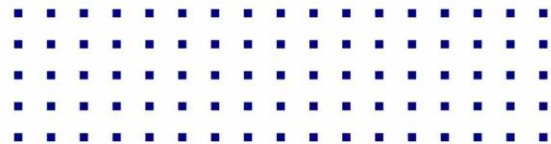


	Incompatibilidade na quantidade dos produtos transportados	Rastreamento via <i>Wireless</i> dos produtos
	Atrasos inesperados durante o transporte	Realocação <i>smart</i> do pedido
Supplier development	Recursos e competências inadequadas	Padronização das interfaces
	Compatibilidade de equipamentos entre organizações	Organização virtual – cooperação sinérgica
Envolvimento do Consumidor	Pouca flexibilidade para alteração de produto	Otimização dos períodos de “congelamento” de produto, ou seja, reduzir intervalos de tempo para alteração e incorporação de novos recursos ou modificações
	Relação entre as necessidades e as funções	Aplicação de QFD em larga escala
	Adquirir exatamente a necessidade do consumidor	Uso de <i>BigData Analytics</i>
Pull production	Rastreio impróprio da quantidade do material fornecido	Monitoramento de reabastecimento de material
	Mudanças no agendamento da produção	Acompanhamento da agenda e atualizações do <i>kanban</i>
Continuous flow	Erros na contagem do estoque	Acompanhamento em tempo real do estoque
	Escassez na capacidade	Subcontratação
	Sistema de controle centralizado	Tomadas de decisões descentralizadas
Redução do Setup-time	Adaptação do processo baseado em experiência humana	<i>Self-optimisation</i> e <i>machine learning</i>
		Comunicação produto-máquina
Manutenção Total Produtiva/ Preventiva	Nenhum controle sobre quebra de máquina	Comunicação homem-máquina
	Tempo de resolução de problemas desconhecido	Avaliação <i>Self-maintenance</i> Sistema de controle de manutenção preditiva
Statistical process control	Desconhecimento técnico dos operadores	Comunicação produto-máquina
	Incapacidade de acompanhar variações do processo	Melhoria na interface homem-máquina Acompanhamento do processo, integração e gestão
Envolvimento do empregado	Mecanismos impróprios de <i>feedback</i>	Dispositivos de <i>feedback</i> inteligente
	Práticas de avaliação de performance	Sistemas de suporte ao trabalhador
	Monotonia no trabalho	Interface homem-máquina aperfeiçoada

Fonte: Baseada na tabela Sanders et al. (2016)



CAPÍTULO 2



Indústria 4.0 muda os princípios do Lean

Ohno diz que os negócios estão conectados com o mundo exterior, atualmente *Lean experts* não são contra a utilizar automação, isso inclui as tecnologias 4.0, mas a quantidade de automação importa, pois deve se adequar ao LPS, o *design thinking*, o qual deve ser complexo e simples (HARRIS e HARRIS, 2008 *apud*. SINGH, 2017).

A literatura já aborda o *Lean Production System* influenciado fortemente pela I.4.0 como *Digital Lean*, *Lean 4.0*. ou até mesmo *Smart Lean*. Na bibliografia revisada esses dois conceitos foram citados pelos autores Singh (2017), Dombrowski *et al.* (2015 e 2017), Döppler (2016), Kolberg e Zühlke (2016). Na Tabela 3 abaixo estão uma relação entre ferramentas *Lean* e da Indústria 4.0 que podem trabalhar juntas a fim de aumentar a eficiência de ambas.

Tabela 3 - Matriz de impacto da Indústria 4.0 no *Lean Production System*

I.4.0	Aquisição e processamento de dados				M2M		HMI	
Lean	Sensores e atuadores	Nuvem	Big Data	Analytics	Integração vertical	Integração Horizontal	Realidade Virtual	Realidade Aumentada
5S	a	a	a	a	a	a	b	c
Kaizen	a	b	c	c	c	c	c	c
JIT	b	b	c	c	c	b	a	b
Jidoka	a	c	c	c	b	b	a	a
Heijunka	b	b	c	c	c	b	b	a
Standardi sation	b	c	c	c	b	b	c	c
Takt Time	b	a	c	c	c	c	a	a
Pull flow	b	a	a	a	c	c	a	a
Redução de gastos	a	a	b	c	c	c	a	a

a Baixo impacto da I.4.0. nos princípios do Lean

b Alto impacto

c Altíssimo impacto da tecnologia

M2M – Interação Máquina – Máquina

H2M – Interação Homem – Máquina

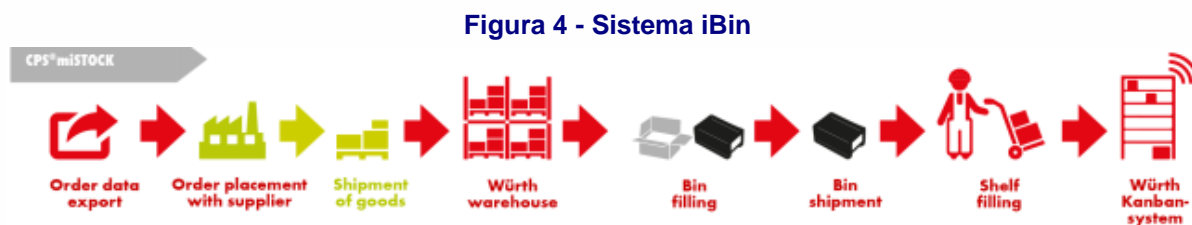
Fonte: Baseado em Wagner (2017)

Singh, 2017, traz dois exemplos práticos onde as filosofias de *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0 se misturam tendo como resultado uma tecnologia

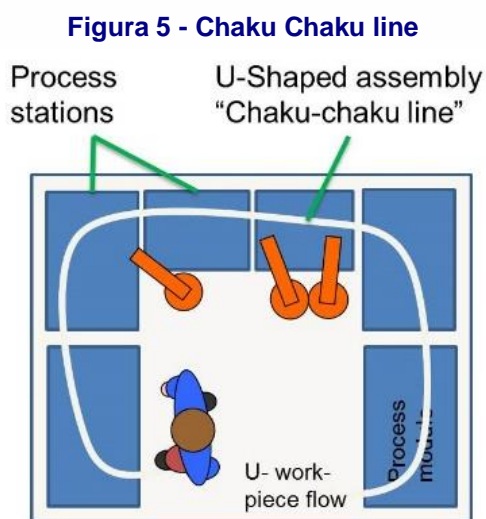


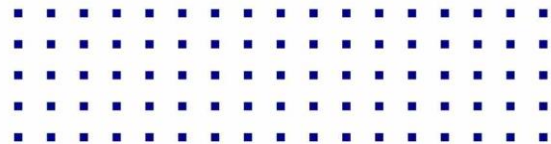
CAPÍTULO 2

derivada dos dois conceitos. O primeiro é o conceito do iBin, de 2013, na empresa alemã *Würth Industrie Services GmbH & Co. KG* – com a junção dos cartões Kanban, do RFID e da *Smart Factory*. O iBin utiliza câmeras, ao invés de sensores, as câmeras detectam o nível dos contentores, também podem realizar prévias da ordem de compra para o departamento de compras, tendo como resultado níveis de estoques adequados e ordens de compra agendadas de forma eficiente.



O segundo exemplo, é na realidade de 2012, que surgiu da união de forças da fábrica de brinquedos Lego e da Universidade do Sul da Dinamarca para desenvolver uma nova tecnologia no formato de U, na área de montagem, denominada *Chaku Chaku lines*. O objetivo principal é sincronizar o operador e a máquina, a tarefa básica do sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP – Sistema Integrado de Gestão Empresarial) é transferido para o funcionário desta linha através por um sistema local de gerenciamento de pedidos.



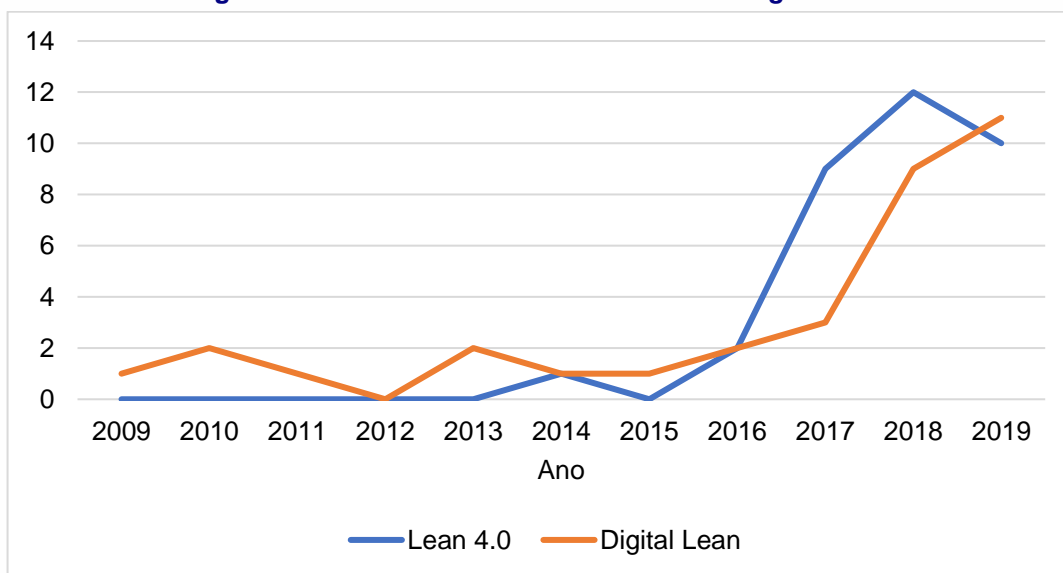


RESULTADOS

Os resultados dessa pesquisa foram obtidos a partir da pesquisa do termo exato “Lean 4.0” presente no corpo do texto de artigos, revistas e livros presentes em plataformas de pesquisa disponíveis online, no período de dez anos, ou seja, entre 2009 a 2019. Os resultados estão disponíveis na Figura 6, e pode-se constatar que mesmo o conceito da Indústria 4.0 sendo apresentado na *Hanovermesse* em 2011, o estabelecimento da relação entre o Lean e I.4.0 surge primeiramente por alemães em 2014, seguida de um crescimento desse termo na Europa, depois para o mundo. Já quando falamos de “*Digital Lean*”, esse termo já apresenta resultados desde 2009, com chineses principalmente e no ano de 2017 apresenta um grande crescimento em seus resultados, como mostra Figura 6.

A Tabela 4 exibe os resultados detalhados da pesquisa por ano de publicação e autor, e considerando-se as diferentes bases de pesquisa utilizadas, ou seja, *Google Acadêmico*, *Scopus*, *Web of Science* e *Emerald Insight*.

Figura 6 - Resultado dos termos *Lean 4.0* e *Digital Lean*



CAPÍTULO 2

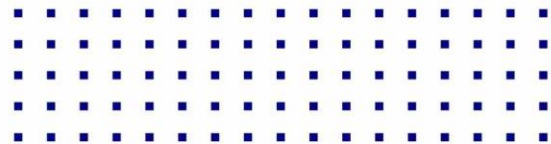
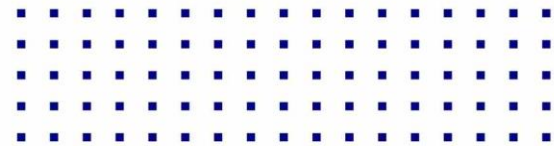


Tabela 4 - Termo Lean 4.0 e *Digital Lean* nas bases de pesquisa – autores

Lean 4.0	Google Acadêmico	Scopus	Digital Lean	Google Acadêmico	Scopus
2014	Wildemann		2009	Zhang <i>et al.</i>	
	Tamás <i>et al.</i>			Curran <i>et al.</i>	
2016	Quasdorff; Bracht		2010	Cheutet <i>et al.</i>	
	Metternich <i>et al.</i> (s)		2011	Jin <i>et al.</i>	
	Dombrowski <i>et al.</i>		2013	Schut <i>et al.</i>	Wang <i>et al.</i>
	Cattaneo <i>et al.</i>		2014	Yungui <i>et al.</i> (s)	
	Malavasi; Schenetti		2015	Scheel <i>et al.</i>	
2017	Emig; Tschirschke		2016	Gao <i>et al.</i>	
	Roldán, A.			Lou <i>et al.</i>	
	Bearingpoint, G.		2017	Swaminathan; Meffert	Rojo Abollado <i>et al.</i>
	Negri <i>et al.</i>			Romero <i>et al.</i>	
	Enke <i>et al.</i> (s)			Hoellthaler <i>et al.</i> (s)	Guerriero <i>et al.</i>
	Mayr <i>et al.</i> (s)	Dombrowski; Richter		Romero <i>et al.</i> (s)	
	Enke <i>et al.</i> (s) (w)	Caldwell, E.		Powell <i>et al.</i> (s)	
	Lima, V.	Arcidiacono; Pieroni	2018	Feldmann; Ziegenbein	
2018	Powell <i>et al.</i>			Picasso, S.	
	Ketteler <i>et al.</i>			Gou <i>et al.</i>	
	González, J.			Bracht <i>et al.</i>	
	Raymann, R.			Moon <i>et al.</i>	
	Pizón <i>et al.</i>			Štefanić <i>et al.</i>	Ghobakhloo; Fathi (e)
	Unterhofer, M.			Dreyer <i>et al.</i>	
	Rossini <i>et al.</i>	Dombrowski <i>et al.</i> (w)	2019	Romero <i>et al.</i>	
2019	Parv <i>et al.</i>			Romero <i>et al.</i> (s)	
	Gallone <i>et al.</i>			Romero <i>et al.</i>	
	Adam <i>et al.</i> (s)			Romero <i>et al.</i>	



CAPÍTULO 2



Golchev, R.
Kadir *et al.*
Montoro *et al.*
Abele *et al.*
Giaquinta;
D'Arone

Parv *et al.*
Štefanić *et al.*
Rabelo *et al.*
Ivanov *et al.*

- ^(s) O mesmo artigo também foi encontrado na plataforma *Scopus*
- ^(w) O mesmo artigo também foi encontrado na plataforma *Web of Science*
- ^(e) O mesmo artigo também foi encontrado na plataforma *Emerald Insights*

CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo identificar a sinergia existente entre os conceito de *Lean Production System* e Indústria 4.0, desde o surgimento do último em 2011, no momento em que o LPS foi a base para I.4.0, passando pelo momentos de transição para I.4.0 como complemento para o *Lean* e a I.4.0 aumentando eficiência do *Lean* e finalmente a I.4.0 mudando os princípios do *Lean*.

REFERÊNCIAS

ANDERL, R. (2014) **Industrie 4.0 – Advanced engineering of smart products and smart production**. Disponível em < [\(PDF\) Industrie 4.0 - Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production](#)> Acesso em: 20 out. 2019.

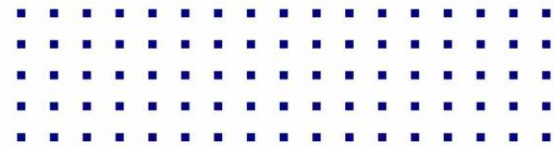
BLOEM, J. *et al.* (2014) **The Fourth Industrial Revolution: things to tighten the link between It and OT**. Disponível em < <http://www.fr.sogeti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution>> Acesso em: 20 set. 2019

CARDOSO, J. *et al.* (2009) **Service Engineering for the Internet of Services**. Disponível em: < http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-00670-8_2#page-1> Acesso em: 20 set. 2019.

CYRINO, L. (2016) **Conceitos e aplicação da manutenção preditiva**. Disponível em: < <http://www.manutencaoemfoco.com.br/manutencao-preditiva> > Acesso em: 12 set. 2019.

DELLOITE (2015) **Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Disponível em: < http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-ndustry-4-0-24102014.pdf> Acesso em: 20 set. 2019.





DOMBROWSKI, U.; RICHTER, T.; KRENKEL, P. Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing*, v. 11, n. June, p. 1061–1068, 2017.

DOMBROWSKI, U.; RICHTER, T.; EBENTREICH, D. Auf dem Weg in die vierte industrielle Revolution. Ganzheitliche Produktionssysteme zur Gestaltung der Industrie- 4.0 Architektur. *zfo - Zeitschrift für Führung und Organisation* 03/2015 (84. Jg.) (2015), S. 157–63, 2015.

DÖPPLER, Karl Heinz (2016). **Herausgeber Lean Magazin: Lean 4.0 – das Unternehmen der Zukunft!** Disponível em: <http://www.leanmagazin.de/351-kommentare/1136-lean-4-0-das-unternehmen-der-zukunft.html>. Abrufdatum 12.02.2016.

GORECKY, D. *et al.* (2014) Human-machine- interaction in the industry 4.0 era. Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6945523?reload=true> > Acesso em: 20 set. 2019.

KAGERMANN, H. *et al.* (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Disponível em: < http://thuvienso.dastic.vn:801/dspace/handle/TTKHCNDaNang_123456789/357> Acesso em: 19 jun. 2019.

KOLBERG, D.; ZÜHLKE, D. **Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. In: IFAC-PapersOnLine 48-3 (2015) (2015), S. 1870–75, 2015 Lean Automation Project.** Disponível em < <http://www.project-leanautomation.eu/>>. Acessado em 01 set. 2019.

LEÓN, H; CALVO-AMODIO, J. Towards Lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a system thinking perspective. *Journal of Cleaner Production* 142 (2017) 4384-4402, 2017.

MUHLHAUSER, M. Smart Products: An Introduction. In: Constructing Ambient Intelligence. **Springer Berlin Heidelberg. p. 158-164**, 2008.

SAS (2017). **Big Data Analytics. O que é, e porque é importante.** Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/big-data-analytics.html> Acesso em: 3 set. 2019.

PILGRIM, G.; Q. S. **SMART FACTORY SMART QUALITY MANAGEMENT: QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS**, 2015.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 9, n. 3, p. 811, 2016.

SHARMA, A. (2016) **Smart Factory**. Disponível em: <<https://industrie4.0.gtai.de/INDUSTRIE40/Navigation/EN/Topics/Industrie-40/smart-factory.html>> Acesso em: 12 set. 2019.

SINGH, K. **Lean Production in the era of Industry**. 2017.



CAPÍTULO 2

TECHTUDO (2017). **Realidade virtual**. Disponível em: <<http://www.techtodo.com.br/noticias/noticia/2015/09/o-que-e-realidade-virtual-entendamelhor-como-funciona-a-tecnologia.html>>. Acesso em: 21 set. 2019.

VENTURELLI, M. (2014) **Indústria 4.0 – O protocolo profinet e a indústria 4.0**. Disponível em: <<https://mhventurelli.wordpress.com/2014/09/02/industria-4-0/>> Acesso em: 12 set. 2019.

Würth Industrie Service. Disponível em <https://www.wuerth-industrie.com/web/media/pictures/wuerthindustrie/cteilemanagement/milogistics/MISTOCK_EN_res_wl2_648_acc.png>. Acesso em: 01 set. 2019

XU, L. DA; XU, E. L.; LI, L. **Industry 4 . 0 : state of the art and future trends**. v. 7543, p. 0–22, 2018.

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. 7543, n. November, p. 1–14, 2017.

WAGNER, T; HERRMANN, C; THIEDE, S. Industry 4.0 impacts on lean production system. **The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, procedia CIRP 63 (2017) 125-131**, 2017.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro, 1992.

ZHANG, L.; *et al.* (2014) **Cloud manufacturing: A new manufacturing paradigm**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/241709205_Cloud_manufacturing_A_new_manufacturing_paradigm>. Acesso em: 12 set. 2019.

ZHOU, W.; PIRAMUTHU, S. (2011) **Manufacturing with item-level RFID information: From macro to micro quality control**. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527311004701>> Acesso em 21 set. 2019.



CAPÍTULO



3

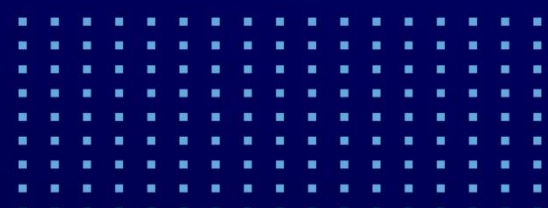
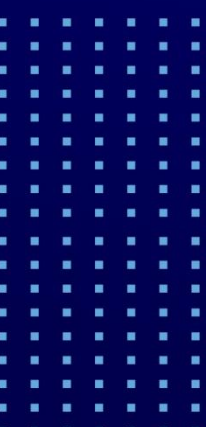
**Revisão sobre a aplicação dos paradigmas
atualizados em 2005 por Chris Voss**

Alcenir Vergilio Negri

Karla A. Holub

Sérgio E. G. da Costa

DOI: [10.47573/aya.88580.2.3.3](https://doi.org/10.47573/aya.88580.2.3.3)



CAPÍTULO 3

Resumo: O presente estudo se propõe revisar brevemente a história da estratégia de manufatura e, então, revisar o campo de várias perspectivas diferentes. Por fim, comparar e avaliar estas diferentes perspectivas e procurar as ligações entre elas. Para tanto essa pesquisa tem por objetivo, levantar quais as citações em artigos que estejam relacionadas com a publicação "*Paradigms of manufacturing strategy re-visited*", realizada por Chris Voss em 2005. Esse estudo revisa o artigo "*Alternative paradigms for manufacturing strategy*" publicado pelo mesmo autor em 1995. O recorte deste estudo contempla o período compreendido entre 2006 e 2017, aceitando somente artigos, escritos no idioma inglês e publicados dentro desse período. Foram excluídos os elementos que figurassem como artigos de revisão, livros, entre outras formas encontradas. O portfólio de artigos brutos foi composto inicialmente por 153 registros, passando pela fase de retirada de duplicados em cada uma das bases, restaram 148 registros e após nova revisão de duplicados envolvendo todas as bases ao mesmo tempo foi possível encontrar 26 registros únicos. O período entre 03/06 a 30/07 foi utilizado para pesquisa e tratamento dos arquivos.

Palavras chave: Manufatura. Paradigma. Revisão. Estratégia.

Revision of the application of paradigms updated in 2005 by Chris Voss

Abstract: The objective of this paper is to identify the citations in articles that are related to the publication "Paradigms of manufacturing strategy re-visited" made by Chris Voss in 2005. This study reviews the article "Alternative paradigms for manufacturing strategy", published by the same author in 1995. This study considers the period between 2006 and 2017, only accepting articles written in the English language. Review articles and books were excluded, among other types of results. The portfolio of raw articles was initially composed of 153 records, and after duplicates were removed in each of the databases, 148 records remained. Then, after a new review of duplicates involving all databases at the same time, 32 unique records were found. The period from 06/03 to 07/30 was used for the research and treatment of the archives.

Key-words: Manufacturing. Paradigm. Review. Strategy.

CAPÍTULO 3

INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos acerca do tema e que hoje é conhecido como “estratégia de manufatura” foram desenvolvidos em Harvard entre os anos de 1940 a 1950. Os pesquisadores descobriram nestes estudos que as empresas estavam escolhendo competir entre elas por meio da relação entre tecnologia e a gestão de produção. O sucesso e o fracasso destas empresas podiam ser explicados pelas escolhas que elas fizeram e pelo alinhamento dessas decisões estratégicas competitivas (VOSS, 1995) De muitas maneiras, essas abordagens iniciais da estratégia de manufatura anteviram o desenvolvimento de abordagens de estratégias baseadas na indústria.

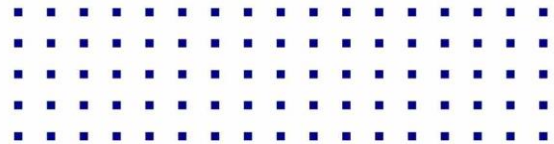
Desde a década de 1960 muitos autores enfatizam a importância da conceituação da estratégia de manufatura (CHATHA; BUTT, 2015). Com o desenvolvimento das abordagens da estratégia de manufatura, através dos estudos de (VOSS, 1995) foram incluídos a definição três paradigmas que emergiram destes estudos sobre estratégia de manufatura: competindo através da manufatura, escolhas estratégicas de fabricação e melhores práticas.

Voss foi autor de outros trabalhos paralelos aos paradigmas, como o estudo das metodologias de produção na Toyota (HANSON; VOSS, 1999), junto com outros autores (LILLIS; SWEENEY, 2013) desenvolveu o “scorecard” para auditar os processos que podem estimular e desenvolver a inovação tecnológica dentro da empresa.

Em 2005, Voss revisa os paradigmas e os rotula como: competindo através da rede de manufatura, escolhas estratégicas em manufatura e serviço e melhores práticas. Diante disso, o autor concluiu que houve um desenvolvimento considerável tanto intelectualmente quanto na prática, fazendo com que os três paradigmas permanecessem robustos. Além disso, (VOSS, 2005) argumenta que os paradigmas devem ser considerados como um processo interativo no qual cada um deve ser revisitado regularmente.

Com esse intuito, este artigo tem como objetivo revisar brevemente a história da estratégia de manufatura e, então, extrair várias perspectivas a partir da revisão. Por fim, comparar e avaliar estas diferentes perspectivas e procurar ligações entre elas.

CAPÍTULO 3



O restante deste trabalho é estruturado conforme resumido a seguir. Na seção II são apresentados os paradigmas. Na sequência, a seção III descreve os métodos adotados na condução do estudo. Na seção IV são apresentados os resultados. V. São apresentados à análise e a discussão frente aos três paradigmas. O trabalho finaliza com as conclusões sobre as principais conclusões na seção VI., juntamente com as limitações do trabalho e perspectivas de trabalhos futuros.

PARADIGMAS 1995 X 2005

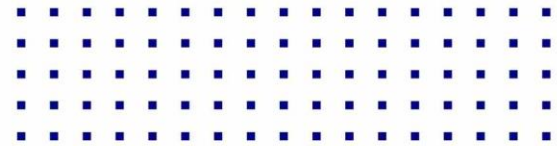
O problema a ser tratado nesse artigo está em analisar o período de produção acadêmica compreendido entre a publicação do primeiro estudo (VOSS, 1995) e da sua revisão (VOSS, 2005).

O primeiro estudo apresenta uma revisão histórica das publicações voltadas ao tema estratégia de manufatura que foram desenvolvidos em Harvard entre as décadas de 40 e 50 do século passado. O refinamento da análise desses fatos resultou nos três paradigmas da manufatura disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre os paradigmas de 1995 para 2005

Número	Paradigmas	Referência
1) Competindo através da manufatura	<p>Este paradigma diz respeito à competição através de sua capacidade fabricação, alinhando a sua capacidade com os fatores de sucesso, estratégias corporativas, de marketing e as demandas do mercado.</p> <p>Para isso a empresa deve identificar como competir no mercado e se concentrar na excelência da sua capacidade de produção. Não fazer isso pode levar à falta de foco externo, inconsistência entre o ambiente interno e as demandas externas e / ou falha na exploração da capacidade de fabricação como uma arma competitiva. Para o alcance das metas e objetivos estratégicos, faz-se necessário a implantação de políticas em toda a empresa por meio do desenvolvimento de uma visão ou missão compartilhada.</p>	(VOSS, 1995)
2) Escolhas estratégicas de fabricação	<p>O segundo paradigma é essencialmente uma abordagem contingencial e diz respeito a necessidade de consistência interna e externa entre escolhas na estratégia de fabricação. Ou seja, a escolha depende tanto da estratégica, quanto do contexto de mercado. Além disso, estas escolhas também se aplicam a infraestrutura, planejamento e controle da manufatura.</p> <p>Por isso, enfatiza-se a importância da consistência interna entre todas as escolhas na manufatura. Pois, a falha na correspondência com negócios, produtos e clientes externos são fatores que podem resultar em um descompasso com o mercado</p>	





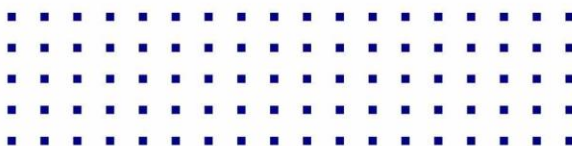
3)Melhores Práticas	<p>e entre as várias opções de fabricação prejudicando a capacidade de uma empresa em ser competitiva.</p> <p>Sendo o mais recente dos paradigmas, as melhores práticas trouxeram estímulos que levem as empresas a um desempenho e capacidade superiores, resultando em um aumento de competitividade. As melhores práticas de estratégia de produção foram trazidas junto aos conceitos de “fabricação de classe mundial”, ou seja, as melhores práticas em qualidade total, engenharia simultânea, produção enxuta, sistemas de manufatura, logística e organização e prática. Além disso, ter desempenho operacional igual ou superior as melhores empresas. Para isso, deve-se concentrar no desenvolvimento contínuo das melhores práticas em todas as áreas dentro de uma empresa</p>
1)Concorrentes através da rede de manufatura	<p>O conceito evoluiu e teve expansão do contexto dentro do qual a estratégia de manufatura é examinada e uma nova lente teórica.</p> <p>Com a globalização da manufatura, tem havido crescente ênfase nas capacidades globais das fábricas. Dessa forma, as empresas têm focado em terceirização como parte das escolhas estratégicas no paradigma de manufatura, ligando a capacidade competitiva de fabricação com a capacidade de terceirização das suas operações. Outro contexto é a “<i>servisation</i>”, que fez com que a capacidade de fabricação evoluiu-se para competir através da capacidade de fabricação e serviço.</p>
2) Escolhas estratégicas em manufatura e serviço	<p>A ampliação do escopo deste paradigma deve-se ao crescimento da importância da terceirização, vista como principal escolha estratégica, não sendo apenas uma escolha de produtos e manufatura de processos, mas também escolhas para o processo de infraestrutura. Além disso, a “<i>servitização</i>” aumentou consideravelmente, contribuindo para o desenvolvimento do paradigma</p>
3)Melhores práticas	<p>Emergiu deste paradigma algumas questões importantes. É pouco provável que as melhores práticas proporcionem vantagem competitiva, pois são obtidas no mercado e são facilmente imitáveis. Outra questão é de que há evidências de que algumas melhores práticas são amplamente aplicáveis, porém algumas são apenas em contexto específicos, fazendo com que não sejam universais. Além disso, há a evidência de que as melhores práticas são adotadas nas empresas não porque eles têm um impacto positivo, mas porque há pressões para a aplicação. Outra consideração é relacionada as aplicações de melhores práticas apenas como moda, ou seja, adotadas pois outras empresas o fazem, fazendo com que tenham pouco impacto. Assim, conclui-se que as práticas evoluem e devem ser adaptadas ao contexto, sendo importante estas questões e abordagens a utilização do paradigma das melhores práticas.</p>

(VOSS, 2005)

Fonte: Elaborada pelos autores

No decorrer dos 20 anos que separam a publicação dos paradigmas da sua revisão, pode-se perceber a evolução e o aprofundamento dos mesmos.

Veremos na sequência como os artigos foram selecionados, classificados e de qual forma os paradigmas aplicados.



CAPÍTULO 3

MÉTODOS DE PESQUISA

Essa pesquisa tem por objetivo, levantar quais as citações em artigos que estejam relacionadas com a publicação “*Paradigms of manufacturing strategy revisited*” (VOSS, 2005). Esse estudo revisa o artigo “*Alternative paradigms for manufacturing strategy*” publicado pelo mesmo autor em 1995.

O recorte deste estudo contempla o período compreendido entre 2006 e 2017, aceitando somente artigos, escritos no idioma inglês e publicados dentro desse período. Foram excluídos os elementos que figurassem como artigos de revisão, livros, dentre outras formas encontradas.

Para realizar essa estudo foi utilizado o site de periódicos CAPES (CAPES/MEC, 2018), onde foram selecionadas as bases de dados relacionadas a engenharia de produção: *Abstracts in New Technology and Engineering - ANTE (ProQuest)*, *American Society of Civil Engineers – ASCE*, *Compendex (Engineering Village)*, *Emerald Insight (Emerald)*, *Engineering Journals (ProQuest)*, *Engineering Research Database (ProQuest)*, *E-Print Network : Research Communications for Scientists and Engineers*, *Hyper Article en Ligne : HAL*, *IEEE Xplore*, *Latin American Open Archives Portal : LAOAP*, *Latindex: Portal de Portales*, *Maney Publishing*, *Materials Business File (ProQuest)*, *Mechanical and Transportation Engineering Abstracts (ProQuest)*, *OALster*, *OECD iLibrary : Periodicals*, *OECD iLibrary*, *Oxford Journals (Oxford University Press)*, *Polymer Science Journals (ProQuest)*, *Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP)*, *ROAD Directory of Open Access scholarly Resources*, *SciELO Citation Index (Web of Science)*, *SciELO Cuba - Scientific Electronic Library Online*, *SciELO.ORG*, *Science (AAAS)*, *ScienceDirect (Elsevier)*, *SCOPUS (Elsevier)*, *SpringerLink*, *Web of Science - Coleção Principal (Clarivate Analytics)*, *Wiley Online Library* e *World Scientific*.

Para gerenciar o portfólio de artigos foi selecionado dentre os *softwares* gratuitos, o *Mendeley®* (MENDELEY, 2018), que foi utilizado no modo “*desktop*”.

As pesquisas foram realizadas de forma diferente, devido ao modo de busca em cada base ser própria, foi priorizado a forma que identifique as referências a partir do título do artigo; onde essa opção não estivesse disponível foi pesquisado o título e depois verificado as suas citações.

CAPÍTULO 3

O portfólio de artigos brutos foi composto inicialmente por 153 registros, passando pela fase de retirada de duplicações em cada uma das bases, restaram 148 registros e após revisão de duplicados envolvendo todas as bases ao mesmo tempo foi possível encontrar 32 registros únicos. O período entre 03/06 a 30/07 foi utilizado para pesquisa e tratamento dos arquivos.

Os casos aqui apresentados são parciais e não exaustivos, tendo em vista que a pesquisa foi realizada somente em bases que figuram no espectro da engenharia de produção.

RESULTADOS

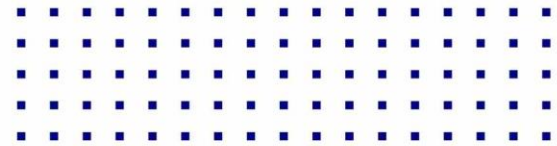
Ocorreu de um mesmo artigo tratar de um ou mais paradigmas, o resultado da revisão da bibliografia pode ser acompanhado através da Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos artigos por paradigma

Concorrência através da manufatura	Escolhas estratégicas de fabricação	Melhores práticas	Referência
		Total Productive Manutenense (TPM)	(AHUJA; KHAMBA, 2008) (AHUJA; KHAMBA, 2009)
		Supply Chain Management (SCM)	(ARLBJØRN; FREYTAG; DE HAAS, 2011)
	Terceirização x Novos produtos		(BENGTSSON; DABHILKAR, 2009)
Melhorias de desempenho	Melhorias de desempenho	Melhorias de desempenho	(DA SILVEIRA; SOUSA, 2010a)
Trade-offs em decisões de compra para a empresa compradora			(DABHILKAR, 2011)
		Relação entre o papel da planta e a "bondade"	(DEMETER; SZÁSZ; BOER, 2017)
		Destacamos a manufatura enxuta, o Six Sigma e, mais recentemente, o Lean Six Sigma (LSS)	(DROHOMERETSKI et al., 2014)
Modelo de evolução da incerteza			(DURUGBO; ERKOYUNCU, 2016)

CAPÍTULO 3

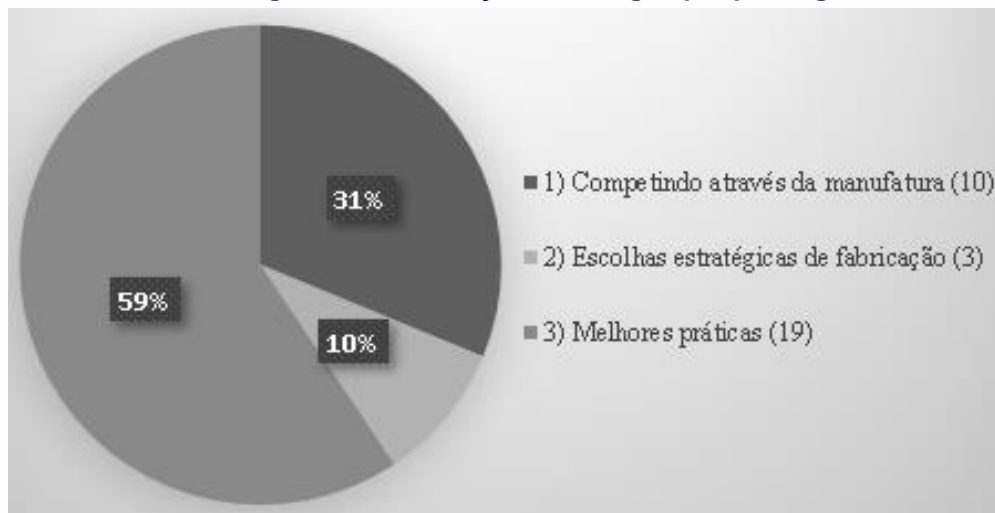
	Modelo apresentado pela European Foundation for Quality Management (EFQM)	(ESCRIG; DE MENEZES, 2015)
	Business Excellence Models (BEMs)	(ESCRIG; DE MENEZES, 2016)
	Programas de melhoria contínua	(FILHO; UZSOY, 2013) (KOHLBACHER, 2013)
Visão baseada em recursos (RBV)		(GIBBONS et al., 2012)
	Sistemas de Informação Empresariais (EISs)	(GU; QI; WANG, 2017)
Servitização		(JOHNSON; MENA, 2008) (LIN et al., 2014)
	Identificação por radiofrequência (RFID)	(LIN; MA; ZHOU, 2012)
Sistemas de Serviços de Produto e relações de rede de suprimentos.		(LOCKETT et al., 2011)
	Previsão de demanda	(KALCHSCHMIDT, 2012)
Impacto dos fatores ambientais externos	Impacto dos fatores ambientais externos	(MATYUSZ; DEMETER; SZIGETVÁRI, 2012)
Análise de custos e benefícios na formulação da estratégia de atendimento		(PAGOROPOULOS et al., 2017)
	Explorar futuras mudanças nos papéis estratégicos da manufatura	(RIIS et al., 2007)
	Balanced scorecard (BSC), teoria das restrições e método DEMATEL	(SELEEM; ATTIA; EL-ASSAL, 2016)
Competência de produção		(SZÁSZ; DEMETER; BOER, 2015)
	Dezoito práticas encontradas.	(PRESTER, 2013)
	9Ps	(ROBERTS; BALL, 2014)



Fonte: Elaborada pelos autores

Conforme demonstrado na Figura 1, o terceiro paradigma “Melhores práticas” foi o que obteve o maior número de artigos apurados, ultrapassando os outros paradigmas somados.

Figura 1 - Distribuição dos artigos por paradigma



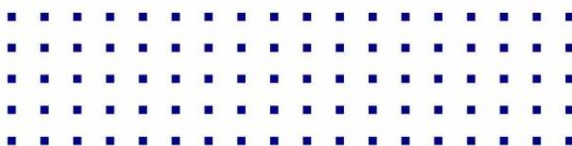
Fonte: Elaborada pelos autores

Os termos encontrados variaram para definir os três paradigmas entre a publicação de 1995 e a de 2005, mesmo nos que artigos citam em sua grande maioria a publicação mais recente dentre as duas.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

O primeiro paradigma contabilizou 10 artigos, estando relacionado com a competição das empresas por meio de sua capacidade de fabricação, alinhando a sua capacidade com os fatores de sucesso, estratégias corporativas, de marketing e as demandas do mercado (VOSS, 1995).

A servitização foi o tema mais abordado, tendo sido verificadas a relação entre as melhorias de desempenho e o ajuste interno (DA SILVEIRA; SOUSA, 2010a), bem como as demandas de mercado e a capacidade de fabricação, que causam dúvidas sobre as compensações envolvidas nas decisões de compra por parte da empresa, ou seja, nos trade-offs para a empresa compradora (DABHILKAR, 2011). Também a



CAPÍTULO 3

coordenação de sistemas de manufatura, sistemas de manutenção, sistemas de fornecimento de peças sobressalentes e sistemas logísticos (JOHNSON; MENA, 2008); geralmente a servitização é implementada na chamada cadeia de suprimentos híbrida (HSC) (LIN *et al.*, 2014).

Poucos estudos são dedicados a Sistemas de Serviços de Produto (PSS), o estudo de caso desenvolvido por (LOCKETT *et al.*, 2011) e (PAGOROPOULOS *et al.*, 2017), indicou dois temas: a necessidade de alinhamento de incentivos entre um provedor de PSS e sua rede de fornecimento e a necessidade de compartilhamento de informações através da rede. Nesse último estudo o PSS foi avaliado pelo Custo do Ciclo de Vida (LCC) para a compreensão da influência na formulação de estratégias de serviço no setor de navegação.

Ainda em relação a visão baseada em recursos, foi possível identificar uma estrutura conceitual e uma abordagem prática de apoio para a compreensão e identificação de instâncias da polarização de recursos sem valor agregado (GIBBONS *et al.*, 2012). Para tanto, as teorias acerca da economia dos custos de transação e visão que enfatizam os benefícios da terceirização e se concentram na excelência da sua capacidade de produção (DABHILKAR, 2011).

Relacionando a capacidade de fabricação e a evolução da incerteza, foi conceituado um modelo com lógica multi-caso aplicada em três grandes firmas multinacionais da indústria aeroespacial, que possuem interesses específicos e focos na prestação de serviços industriais (DURUGBO; ERKOYUNCU, 2016).

Esses fatores alinhados a capacidade de fabricação apresentaram também, fatores ambientais externos (MATYUSZ; DEMETER; SZIGETVÁRI, 2012); dinamismo e competição do mercado no uso de práticas operacionais, nas operações resultantes e na melhoria do desempenho dos negócios.

Por fim, foram encontrados resultados acerca da mensuração da competência de produção como a construção do nível operacional bidimensional, e o uso da matriz de desempenho-importância para estudar seus efeitos de desempenho no nível de negócios (SZÁSZ; DEMETER; BOER, 2015).

O segundo paradigma é essencialmente uma abordagem contingencial e diz respeito a necessidade de consistência interna e externa entre escolhas na estratégia de fabricação, foram identificados apenas três estudos sobre este paradigma.

CAPÍTULO 3

Em empresas suecas que foram estudadas por (BENGTSSON; DABHILKAR, 2009), a terceirização de manufatura e o trabalho de design se relacionam com o desempenho no nível da planta.

E nos desafios enfrentados pelas empresas industriais que incluem lidar com uma distribuição maior de atividades e a necessidade relacionada de lidar com as interdependências de tarefas, bem como lidar com a incerteza e a complexidade (RIIS *et al.*, 2007).

O terceiro paradigma demonstrou 19 artigos, que abordaram quase 60% de todas de estudos mapeados, a seguir abordaremos cada uma das metodologias abordadas.

A manutenção produtiva total (TPM) (AHUJA; KHAMBA, 2008)(AHUJA; KHAMBA, 2009), foi estudada nas indústrias Indianas; onde foi aplicado como um método para alcançar a eficiência da máquina apropriada que auxilia no controle de qualidade total e no *just -in-time* (JIT), além de melhorar a eficácia de toda a indústria.

Enquanto na Espanha, os modelos de excelência negócios (EFQM) (ESCRIG; DE MENEZES, 2015) e (ESCRIG; DE MENEZES, 2016), apresentaram relevância pois independentemente do tamanho da amostra o resultado foi comprovado, frente a melhoria no ranking das empresas.

O modelo de excelência empresarial (BEM) (ESCRIG; DE MENEZES, 2016), que é um instrumento que avalia o que uma organização faz para identificar suas conquistas, assim o modelo assume uma relação causal entre o gerenciamento da qualidade (QM) e desempenho; visualizado sobre o ambiente espanhol.

O método DEMATEL (SELEEM; ATTIA; EL-ASSAL, 2016), pode ser usado para determinar os fatores de sucesso de qualquer iniciativa de desempenho. Simplesmente os fatores de sucesso podem ser destacados observando os maiores fatores que a iniciativa especificada é recebida.

Com a popularização dos sistemas informatizados, o uso do RFID (LIN; MA; ZHOU, 2012), promove a melhoria e desempenho no atendimento de pedidos junto a fabricante chinesa de ônibus.

Dentre os fatores ambientais externos (MATYUSZ; DEMETER; SZIGETVÁRI, 2012), pode-se destacar complexidade, dinamismo, disponibilidade de recurso e a

CAPÍTULO 3

competição frente aos níveis de incerteza, estabilidade, turbulência, volatilidade, complexidade, relativa escassez de recursos e hostilidade.

A matriz de importância-desempenho (DA SILVEIRA; SOUSA, 2010b), é uma ferramenta simples e prática para os tomadores de decisão possam avaliar e, se necessário, melhorar a sua empresa.

A previsão da demanda (KALCHSCHMIDT, 2012), apresenta que os desempenhos são influenciados pela forma como a previsão é realizada, independentemente dos contextos.

O gerenciamento da cadeia de fornecimento de serviços (SCM) (ARLBJØRN; FREYTAG; DE HAAS, 2011), gerencia informações, processos, capacidade, desempenho e fundos de financiamento; controlando o processo do fornecedor até o usuário final. Esse foi o único estudo voltado para gestão pública municipal.

A manufatura enxuta, Six Sigma e LSS na estratégia de operações (DROHOMERETSKI *et al.*, 2014), fazem parte do estudo que desenvolveu um modelo conceitual que verifica a aplicação dessas na estratégia de operações.

Dois estudos elegeram os programas de melhoria contínua (FILHO; UZSOY, 2013) e (KOHLBACHER, 2013), voltado para examinar seus efeitos cumulativos no tempo de reparo e configuração e na inovação orientado para processos de negócios.

É investigado se a “bondade” (DEMETER; SZÁSZ; BOER, 2017), nas práticas de fabricação depende do papel que uma planta desempenha em uma rede internacional de manufatura (IMN).

O estudo realizado por (PRESTER, 2013), identificou dezoito das melhores práticas: fabricação de celulares, automação de fábricas, redesenho de processos, ERP, MRP, JIT, redução de tempo de produção, redução de tempo de setup, TQM, ISO 9000, certificação de fornecedores, controle estatístico de processos, Six Sigma, ISO 14000, prevenção da poluição, reciclagem de materiais, redução de resíduos e saúde / segurança, exceto na ISO 14000 (meio ambiente) que é utilizada na prevenção da poluição.

Temos as '9Ps' (ROBERTS; BALL, 2014), que apoiam uma compreensão adicional de como as práticas contribuem para a melhoria do desempenho ambiental: *Principles* (princípios), *Purpose* (Propósito), *Procedures & Technology*

CAPÍTULO 3

(Procedimentos e Tecnologia), *Place* (Lugar), *Past & Present* (Passado e presente), *Pace* (Ritmo), *Practitioners* (Praticantes) e *Performance* (Desempenho).

A partir da visão estratégica os EISs (GU; QI; WANG, 2017), podem ser entendidos como um paradigma relacionado as melhores práticas ou avançados de operação de sistemas; assim criando vantagem competitiva.

Cada artigo apresenta uma ou mais metodologias ligadas a melhores práticas, demonstrando que o tema se renova a cada ano.

CONCLUSÕES

Este artigo visou averiguar a produção de artigos em que os três paradigmas atualizados em 2005 por Chris Voss estivessem sendo citados. Como limitações deste trabalho cita-se que na revisão de literatura utilizou-se somente periódicos relacionados a engenharia de produção.

Em geral o levantamento demonstra que a área que estuda estratégia da manufatura continua merecendo atenção dos pesquisadores.

A percepção após o levantamento realizado pela revisão de literatura e as análises realizadas, conclui-se que os três paradigmas permanecem robustos desde a última revisão, mesmo que o segundo deles tenha recebido menor atenção dos pesquisadores. O primeiro e o terceiro se destacaram nesse sentido, ficando esse último com a maior atenção dentre os artigos pesquisados, que pôde ser visualizado através da distribuição em quase 60%.

O tema “Escolhas estratégicas em manufatura e serviço”, pouco apareceu em nossa revisão, agregando pouco nas discussões e para que se possa concretizar uma contribuição a literatura.

Somente um estudo abordou os três paradigmas (DA SILVEIRA; SOUSA, 2010a), desenvolvendo 2 dos mesmos.

Sobre as “melhores práticas”, fica evidente que a adoção de qualquer item de forma isolada ou em pacote dever ser feito observando o ambiente de origem avaliando o contexto do destino.

CAPÍTULO 3

O que há de novo desde a última revisão publicada por (VOSS, 2005); avaliação das variáveis externas, a servitização aparece como tendência nos países emergentes, diversos fatores mapeados colaboram para a redução de custos.

Claramente, os três diferentes paradigmas não devem ser tratados isoladamente, o conjunto dos mesmos contém o que é necessário para uma estratégia eficaz, apesar de todos os paradigmas possuírem seus pontos forte e fracos.

As empresas não podem ignorar qualquer um dos paradigmas, correndo risco de perder em competitividade.

Para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento dos temas encontrados, modos de avaliação, análise de artigos antes da revisão com os pós revisão.

REFERÊNCIAS

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. An evaluation of TPM initiatives in Indian industry for enhanced manufacturing performance. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 25, n. 2, p. 147–172, 2008.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Investigation of manufacturing performance achievements through strategic total productive maintenance initiatives. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 4, n. 2, p. 129, 2009.

ARLBJØRN, J. S.; FREYTAG, P. V.; DE HAAS, H. Service supply Chain management: A survey of lean application in the municipal sector. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 41, n. 3, p. 277–295, 2011.

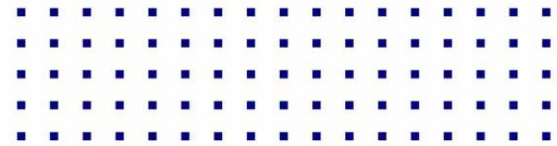
BENGTSSON, L.; DABHILKAR, M. Manufacturing outsourcing and its effect on plant performance-lessons for KIBS outsourcing. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 19, n. 2, p. 231–257, 2009.

CAPES/MEC. **Portal de Periódicos CAPES/MEC**. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

CHATHA, K. A.; BUTT, I. Themes of study in manufacturing strategy literature. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 35, n. 4, p. 604–698, 2015.

DA SILVEIRA, G. J. C.; SOUSA, R. S. Paradigms of choice in manufacturing strategy: Exploring performance relationships of fit, best practices, and capability-based approaches. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 30, n. 12, p. 1219–1245, 2010a.

DA SILVEIRA, G. J. C.; SOUSA, R. S. Paradigms of choice in manufacturing strategy: Exploring performance relationships of fit, best practices, and capability-based approaches.



International Journal of Operations and Production Management, v. 30, n. 12, p. 1219–1245, 2010b.

DABHILKAR, M. Trade-offs in make-buy decisions. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 17, n. 3, p. 158–166, 2011.

DEMETER, K.; SZÁSZ, L.; BOER, H. Plant role and the effectiveness of manufacturing practices. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 37, n. 12, p. 1773–1794, 2017.

DROHOMERETSKI, E. et al. Lean, six sigma and lean six sigma: An analysis based on operations strategy. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 3, p. 804–824, 2014.

DURUGBO, C.; ERKOYUNCU, J. A. Mitigating uncertainty for industrial service operations: a multi case study. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 36, n. 5, p. 532–571, 2016.

ESCRIG, A. B.; DE MENEZES, L. M. What characterizes leading companies within business excellence models? An analysis of “eFQM Recognized for Excellence” recipients in Spain. **International Journal of Production Economics**, v. 169, p. 362–375, 2015.

ESCRIG, A. B.; DE MENEZES, L. M. What is the effect of size on the use of the EFQM excellence model? **International Journal of Operations and Production Management**, v. 36, n. 12, p. 1800–1820, 2016.

FILHO, M. G.; UZSOY, R. The impact of simultaneous continuous improvement in setup time and repair time on manufacturing cycle times under uncertain conditions. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 2, p. 447–464, 2013.

GIBBONS, P. M. et al. The development of a lean resource mapping framework: Introducing an 8th waste. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 1, p. 4–27, 2012.

GU, Y.; QI, L.; WANG, J. Breaking the monolith: Strategy, variety, and performance of enterprise information systems. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 3756, n. 1981, p. 1–44, 2017.

HANSON, P.; VOSS, C. Taylor to Toyota to technology. **Manufacturing Engineer**, v. 78, n. 1, p. 11–14, 1999.

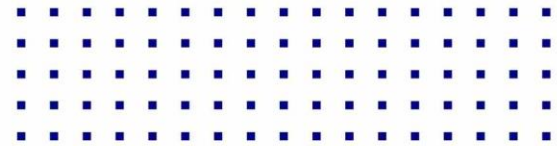
JOHNSON, M.; MENA, C. Supply chain management for servitised products: A multi-industry case study. **International Journal of Production Economics**, v. 114, n. 1, p. 27–39, 2008.

KALCHSCHMIDT, M. Best practices in demand forecasting: Tests of universalistic, contingency and configurational theories. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 2, p. 782–793, 2012.

KOHLBACHER, M. The impact of dynamic capabilities through continuous improvement on innovation: The role of business process orientation. **Knowledge and Process Management**, v. 20, n. 2, p. 71–76, 2013.

LILLIS, B.; SWEENEY, M. Managing the fit between the views of competitive strategy and





the strategic role of service operations. **European Management Journal**, v. 31, n. 6, p. 564–590, 2013.

LIN, W.-J. et al. The bullwhip effect in hybrid supply chain. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 7, p. 2062–2084, 2014.

LIN, Y. STRATEGIES FOR TIME BASED COMPETITIVE ADVANTAGES; MA, S.; ZHOU, L. Manufacturing strategies for time based competitive advantages. **Industrial Management and Data Systems**, v. 112, n. 5, p. 729–747, 2012.

LOCKETT, H. et al. Product Service Systems and supply network relationships: An exploratory case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 3, p. 293–313, 2011.

MATYUSZ, Z.; DEMETER, K.; SZIGETVÁRI, C. The impact of external market factors on the operational practices and performance of companies. **Society and Economy**, v. 34, n. 1, p. 73–93, 2012.

MENDELEY. **Mendeley Homepage**. Disponível em: <<https://www.mendeley.com>>.

PAGOROPOULOS, A. et al. The influence of costs and benefits' analysis on service strategy formulation: Learnings from the shipping industry. **Cogent Engineering**, v. 4, n. 1, 2017.

PRESTER, J. Competitive priorities, capabilities and practices of best performers: Evidence from GMRG 4 data. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 24, n. 1–2, p. 138–157, 2013.

RIIS, J. O. et al. Strategic roles of manufacturing. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 18, n. 8, p. 933–948, 2007.

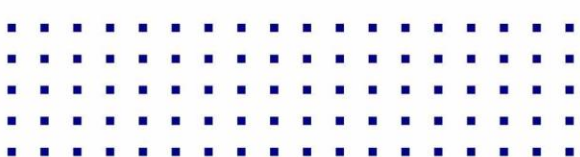
ROBERTS, S. J. F.; BALL, P. D. **Developing a library of sustainable manufacturing practices**. (T. Lien, Ed.)Procedia CIRP. **Anais...**: Procedia CIRP.2014

SELEEM, S. N.; ATTIA, E.-A.; EL-ASSAL, A. Managing performance improvement initiatives using DEMATEL method with application case study. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 7–8, p. 1–13, 2016.

SZÁSZ, L.; DEMETER, K.; BOER, H. Production competence revisited - A critique of the literature and a new measurement approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 4, p. 536–560, 2015.

VOSS, C. A. Alternative paradigms for manufacturing strategy. v. 15, n. 4, p. 5–16, 1995.

VOSS, C. A. Paradigms of manufacturing strategy re-visited. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1223–1227, 2005.



CAPÍTULO



4

Algoritmo de otimização metaheurística inspirado em um jogo de basquete

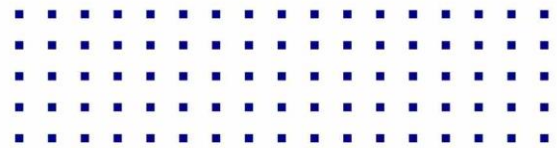
Gylles Ricardo Ströher

Gisely Luzia Ströher

Coordenação de Engenharia Química, UTFPR

DOI: 10.47573/aya.88580.2.3.4

CAPÍTULO 4



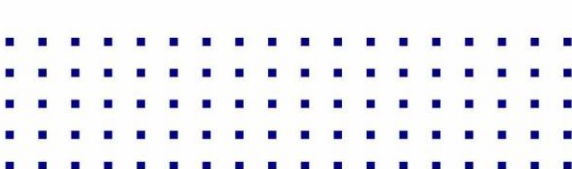
Resumo: Um novo algoritmo de otimização metaheurística inspirado nos eventos de uma partida de basquete, chamado de *Basketball Game Optimization Algorithm* (BGOA), para otimização multidimensional global é proposto. Os principais eventos de uma partida de basquete foram modelados matematicamente provendo operadores simples, eficientes e de fácil implementação computacional. O BGOA foi testado com algumas funções *standard benchmark* com e sem restrições e os resultados obtidos confirmaram a validade do algoritmo.

Palavras chave: Otimização. Máximo e Mínimo Absolutos.

Metaheuristic optimization algorithm inspired by the dynamics of a basketball game

Abstract: A new metaheuristic optimization algorithm inspired by the events of a basketball match, called the Basketball Game Optimization Algorithm (BGOA), for global multidimensional optimization is adopted. The main basketball starting events were mathematically modeled, providing simple operators and easy computational implementation. BGOA has been tested with standard and unrestricted benchmark functions and the results have been confirmed as validated by BGOA.

Key-words: Global Optimization. Basketball Game Optimization Algorithm



CAPÍTULO 4

INTRODUÇÃO

Existem diversos algoritmos de otimização combinatória inspirados em eventos ou comportamentos da natureza, destes se destacam o *Simulated Annealing* (METROPOLIS e *et al.*, 1953) que foi inspirado em uma analogia com o recozimento, um fenômeno termodinâmico. Os Algoritmos Genéticos introduzidos pelo trabalho de Holland (HOLLAND, 1962), os quais realizam procedimentos de busca no espaço de soluções viáveis, utilizando regras probabilísticas que simulam o processo biológico da evolução natural.

Mais recentemente, inspirado no padrão de agrupamento de pássaros e peixes, surgiu o *Particle Swarm Algorithm*, (KENNEDY e EBERHART, 1995) que consiste basicamente em mimetizar o comportamento adotado em multidões de indivíduos. Paralelamente surgiram técnicas inspiradas na capacidade de atuação em conjunto de insetos, surgindo o *Ant Colony* (GAMBARDELLA e DORIGO, 1996), que mimetiza o comportamento real de colônias de formigas.

Todos estes meta-algoritmos brevemente comentados já foram extensamente aplicados com sucesso em diversos estudos disponíveis na literatura, existindo ainda muitos outros com metaheurísticas inspiradas em analogias com fenômenos físicos, químicos, sociais, semânticos ou mesmo em propriedades matemáticas (GOLDBARG *et al.* 2016). Em termos de implementação computacional, um meta-algoritmo pode ser mais complexo que outro e também o entendimento do(s) evento(s) que os inspiraram pode muitas vezes não ser de fácil interpretação fenomenológica.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal apresentar o *Basketball Game Optimization Algorithm* (BGOA), uma nova abordagem para otimização combinatória inspirado na observação da dinâmica de uma partida real de basquete. Os eventos mimetizados são de forte conhecimento a maioria das pessoas e com operadores simples e de fácil implementação computacional. O artigo é dedicado a apresentar brevemente o BGOA e o seu desempenho para casos de otimização multidimensional com ou sem restrição.

CAPÍTULO 4

ALGORITMO BGOA

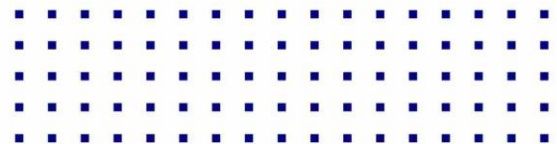
A invenção do jogo de basquete como é conhecido hoje é atribuída a James Naismith, que em 1891, nos Estados Unidos, estabeleceu 13 regras para o novo jogo. Rapidamente o basquete se tornou um dos esportes mais populares do mundo, tornando-se um esporte olímpico em 1936 nos jogos de Berlin.

Basicamente, o objetivo do jogo é introduzir a bola no cesto da equipe adversária (marcando pontos) e, simultaneamente, evitar que esta seja introduzida no próprio cesto, respeitando as regras do jogo. A equipe que obtiver mais pontos no fim do jogo vence.

Resumidamente, o BGOA baseou-se nos principais eventos da dinâmica de uma partida de basquete, mimetizando sete eventos: (1) posição inicial dos jogadores na quadra, (2) distância de cada jogador do cesto, (3) o jogador que lança a bola em direção ao cesto, (4) posição da bola após arremesso, (5) rebotes, (6) substituições de jogadores e (7) troca das posições dos jogadores em função da localização da bola.

No jogo de basquete o número total de jogadores é 10, entretanto, no BGOA, assim como em outros algoritmos de otimização, o número de elementos de um vetor de entrada, no caso do BGOA o número de jogadores, depende fortemente do número de dimensões da função objetivo a ser otimizada, não se restringindo ao número formal de jogadores, o mesmo ocorre ao número de substituições de jogadores ou do tempo, além disso, o tempo máximo de 24 segundos para executar uma jogada pode ser maior ou menor, dependendo do número de rebotes.

Em palavras o BGOA é sumarizado no Quadro 1, neste o algoritmo é apresentado em duas colunas. Na primeira coluna o algoritmo é apresentado em forma de palavras e na segunda coluna no formato matemático.

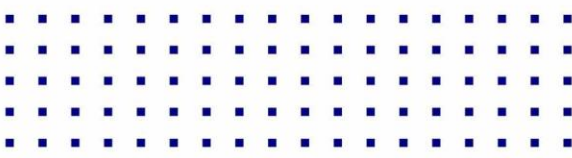


Quadro 1 - Resumo do BMA

Passo 1: Gerar aleatoriamente a posição de cada jogador.	Passo 1: Gerar X_i
Passo 2: Calcular a distância de cada jogador ao cesto e também obter a posição do jogador mais próximo do cesto.	Passo 2: $f_i = f(X_i)$ $f_{best} = f_{máx.} = f(X_{Best})$
Passo 3: Definir qual dos jogadores será o lançador da bola para o cesto, os jogadores mais próximos do cesto terão maior probabilidade de ser o jogador lançador.	Passo 3: $X_L = X(L)$
Passo 4: Calcular a posição da bola após o lançamento feito pelo jogador definido no passo anterior. Baseado na posição do lançador e talvez na posição média dos jogadores.	Passo 4: $X_b = (C1*X_L + C2*X_{Best})/(C1+C2) \pm C3*rand*X_{Best}$
Passo 5: Se a posição da bola for pior que a posição do lançador fazer n rebotes até que uma melhor posição seja obtida ou o número de rebotes máximo tenha sido atingido.	Passo 5: $f_b = f(X_b)$ $f_L = f(X_L)$ Enquanto $f_b \leq f_L$ ou rebotes \leq rebotesMax $X_b = X_L + 1 * C4 * rand * (X_b - X_{Best})$
Passo 6: Calcular as novas posições dos jogadores em função da localização da bola.	Passo 6: $X = X + C5 * rand * (X_B - X)$
Passo 7: Substituir o pior jogador pelo melhor jogador e/ou outras substituições.	Passo 7: $f_{worst} = f(X_{worst}) = f_{MIN.}$ $X_{worst} = X_{best}$
Passo 8: Condicionar as posições dos jogadores aos limites da quadra.	Passo 8: $LimiteInferior \leq x \leq LimiteSuperior$
Passo 9: Se o critério de parada não foi satisfeito, voltar ao passo 2.	Passo 9: Se $ite \geq itemax$, fim Senão Passo 2

Inicialmente, no Passo 1, é gerado aleatoriamente a posição dos jogadores nos limites da quadra de basquete, sendo que o limite da quadra corresponde a faixa dos valores de cada variável independente da função objetivo. Neste passo, opcionalmente, também pode-se distribuir uniformemente os jogadores no perímetro da quadra.

No Passo 2, a distância de cada jogador do cesto é obtida artificialmente por meio das avaliações da função objetivo, no caso, quanto menor o valor da função objetivo para um determinado jogador X_i mais longe este jogador está do cesto adversário, conseqüentemente, a probabilidade dele ser o jogador escolhido para arremessar a bola em direção ao cesto é menor. O jogador melhor posicionado, X_{best} ,



CAPÍTULO 4

é aquele que está mais próximo do cesto, ou seja, com a maior a avaliação da função objetivo. Alternativamente, se a busca é por um mínimo global pode-se alternar este passo, ou seja, quanto maior o valor da função objetivo para um determinado jogador X_i mais longe este jogador está do cesto adversário.

No passo 3 é escolhido o jogador que deverá arremessar a bola em direção ao cesto. Os jogadores que estiverem posicionados mais perto do cesto possivelmente serão os jogadores que terão mais chances de acertar o cesto, assim as posições X_i dos jogadores com maiores avaliação da função objetivo terão maiores probabilidades de ser o jogador escolhido para arremessar a bola, o jogador escolhido é denominado de jogador lançador, X_L . Como ocorre em uma partida real de basquete, nem sempre o jogador mais perto do cesto é o jogador que arremessa a bola ($X_L=X_{best}$), pois na dinâmica real de uma partida, por muitas vezes o jogador melhor posicionado (X_{best}) está marcado por um adversário, não está num ângulo favorável para o arremesso, apesar de estar perto da cesta, ou ainda, pode haver um ou mais jogadores que se precipitem, ou ainda algum jogador opte pelo lance de três pontos.

No passo 4, o jogador escolhido, X_L , para lançar a bola a arremessa e esta adquire uma nova posição em quadra. A posição da bola é artificialmente calculada a partir da indicada no passo 4, que é função da média ponderada das posições do melhor jogador (X_{Best}) e do jogador lançador (X_L), pois é esperado que a bola seja lançada em uma direção relativamente perto da posição do jogador melhor posicionado, sendo $C1$ e $C2$ constantes que representam a influência do jogador lançador e do jogador melhor posicionado, respectivamente. E também a soma ou a subtração de um produto da constante $C3$ por um fator aleatório no intervalo 0 a 1. Esta constante $C3$ representa a qualidade do arremesso pelo jogador lançador, pois nem sempre a bola arremessada entra no cesto.

Passo 5, naturalmente, após o arremesso da bola, podem ocorrer três situações: a bola cai no cesto pontuando a favor do time ou a bola pode cair em uma posição da quadra mais distante (inferior) ou mais próxima ainda àquela que a mesma foi lançada, neste caso pode se ter um ou uma sequencia de rebotes, isto é, novos arremessos até que a bola caia no cesto ou não. Assim, artificialmente, são gerados n números de rebotes definidos pelo usuário, por meio da equação indicada no Passo 5, estas novas posições da bola são obtidas, sendo função da posição do lançador e

CAPÍTULO 4

de um termo de quão rápido a bola vai em direção potencial ao jogador de melhor posição, a constante $C4$ representa a velocidade.

Após definida a posição da bola, novas posições para os jogadores são artificialmente geradas no Passo 6, numa partida de basquete, tipicamente os jogadores se movimentam em direção a bola, assim as posições dos jogadores são calculadas artificialmente por meio da equação indicado no Passo 6 em que a constante $C5$ representa velocidade média dos jogadores.

Subsequentemente, após a sequência de eventos já ocorridos, o técnico avaliando o desempenho e o condicionamento dos jogadores pode optar por realizar algumas substituições, assim no Passo 7 é realizadas as substituições, por exemplo, o jogador pior posicionado é substituído pelo jogador melhor posicionado, $X_{worst} = X_{Best}$.

No Passo 8, caso seja geradas posições dos jogadores fora dos limites da quadra, isto é, alguns vetores X estejam fora da faixa numérica delimitada pelo usuário, os mesmos são condicionados para os limites da faixa numérica.

Finalmente, caso o critério de parada tenha sido atingido, encerra-se o algoritmo, caso contrário, inicia-se uma nova iteração a partir do Passo 2. Os marcos principais do BGOA são sumarizados também na Figura 1 na forma de fluxograma.

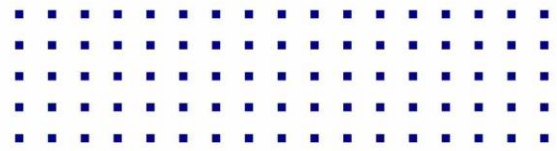
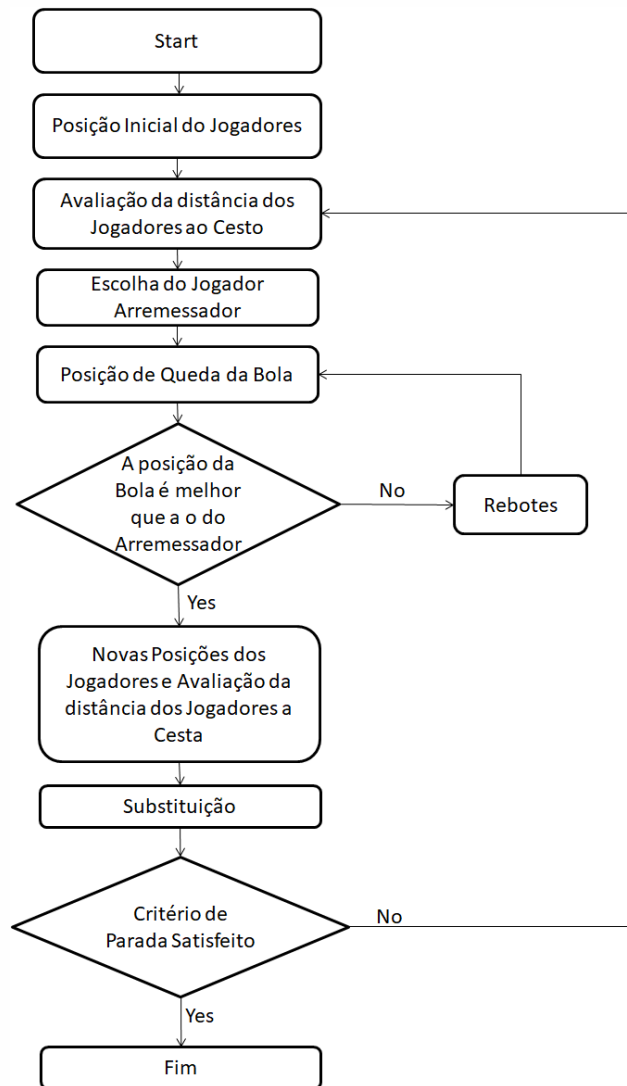
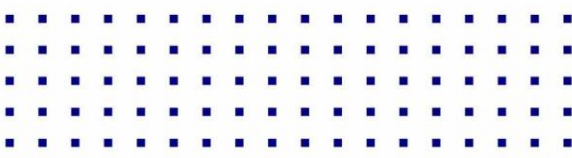


Figura 1 - Algoritmo BGOA



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma avaliação preliminar do BGOA algumas funções testes para otimização foram utilizadas, em comum as funções apresentam comportamento multimodal. A Tabela 1 sumaria as funções utilizadas.



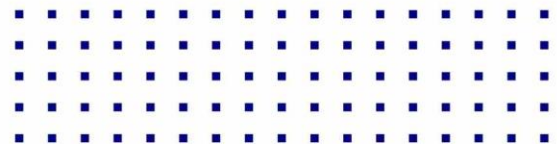


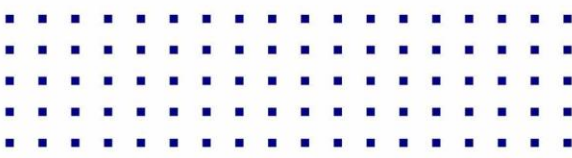
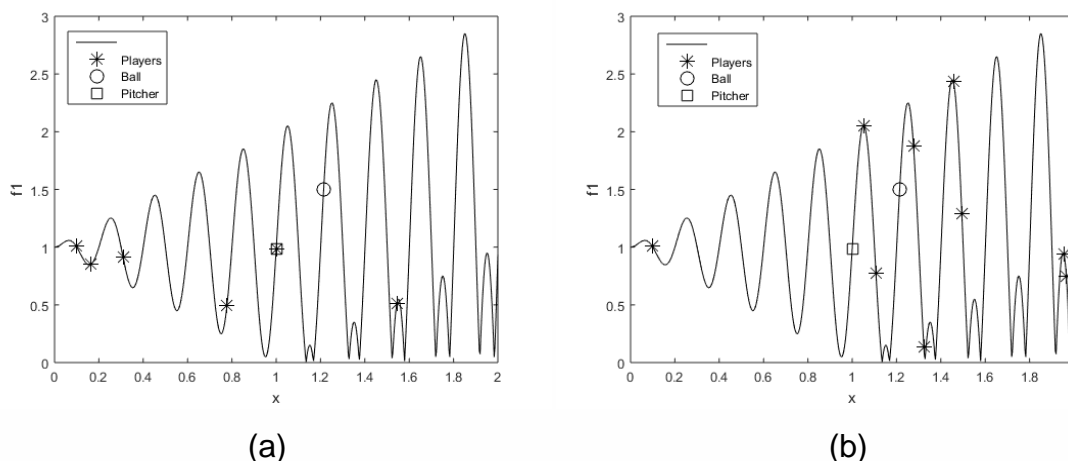
Tabela 1 – Funções utilizadas para avaliação do BGOA

Função	Máximo ou Mínimo
$f_1(x) = x \sin(10\pi x) + 1 , 0 \leq x \leq 2$	$f_{1max}(1.851486)=2.85121$
$f_2(x,y)= x \sin(4x)+1.1 y \sin(2y) $	$f_{2max}(9.8238, 10)=19.8618$
$f_3(x,y,z) = 10(x-1)^2 + 20(y-2)^2 + 30(z-3)^2$ $x+y+z \leq 5$ $x^2+2y \leq z$	$f_{3min}(0.4377, 1.4569, 3.1054)=9.3$ 941

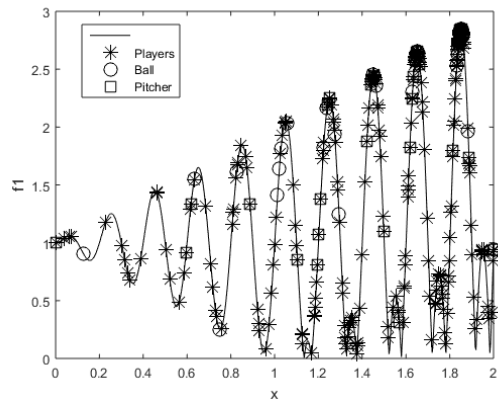
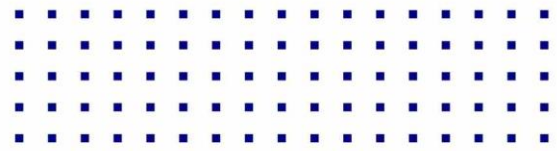
As Figuras 2 a 4 apresentam os resultados obtidos para as funções f1 a f3, nas Figuras. 2,3,4 (a) são mostradas as posições dos jogadores obtidas no Passo 1, a posição do jogador que arremessou a bola obtida por meio do Passo 3 e a posição da bola após o arremesso obtido artificialmente pelos Passos 4 e 5. As Figuras. 2,3,4 (b) mostram a nova posição dos jogadores após o arremesso da bola, como era esperado os jogadores se deslocam em direção a bola, Passo 6.

Na Figura 2 e 3 (c) são sumarizadas as posições dos jogadores, do arremessador e da bola para várias iterações, observa-se que ao longo do processo iterativo de busca se concentra em torno do ponto ótimo, enquanto a Figura 3(c) são mostradas as posições dos jogadores após certo número de iterações. As Figuras 2, 3 e 4(d) apresentam o comportamento geral do algoritmo BGOA, nestas são dados os históricos das médias das avaliações das funções e do valor f_{max} ou f_{mim} .

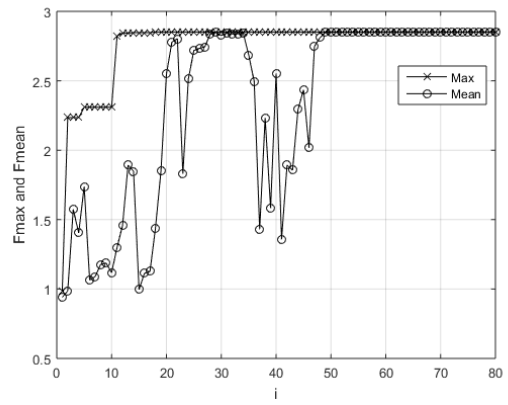
Figura 2 - Busca realizada pelo BGOA para a função f 1. A linha contínua representa função f 1 (a) Passos 1, 2, 3 e 4. (b) Passos 6, 7 e 8. (c) n iterações do BGOA (d) evolução do valor máximo e médio com o número de iterações



CAPÍTULO 4

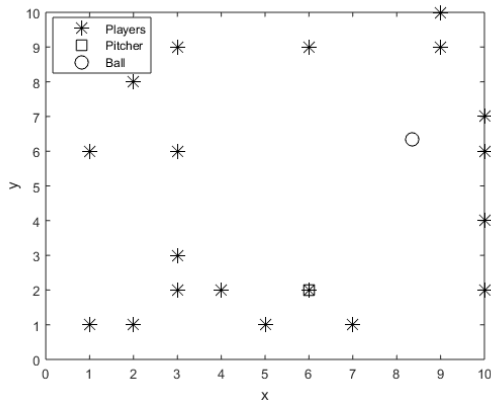


(c)

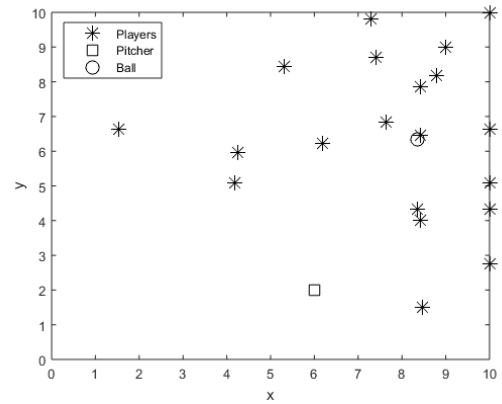


(d)

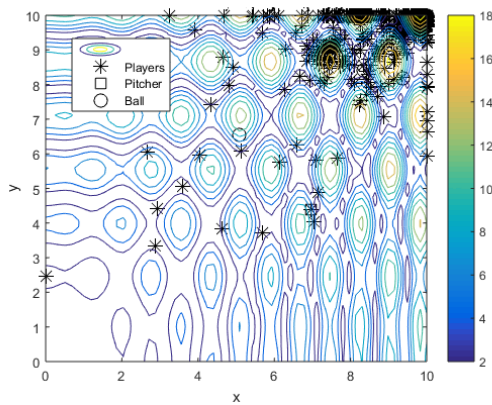
Figura 3 - Busca realizada pelo BGOA para a função f 2. A linha contínua representa função f 1 (a) Passos 1, 2,3 e 4. (b) Passos 6, 7 e 8. (c) n iterações do BGOA (d) evolução do valor máximo e médio com o número de iterações



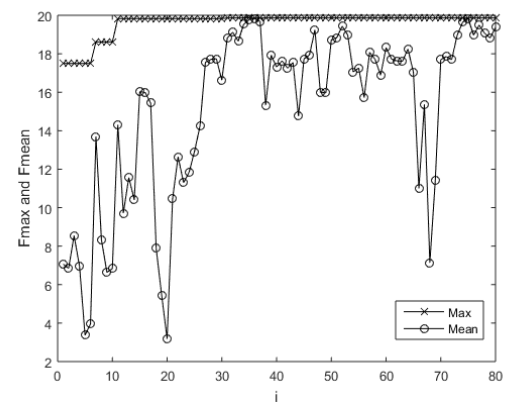
(a)



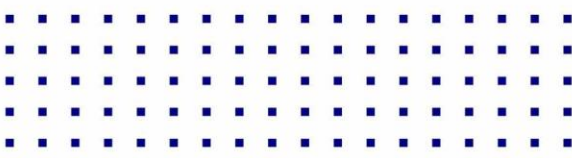
(b)



(c)



(d)



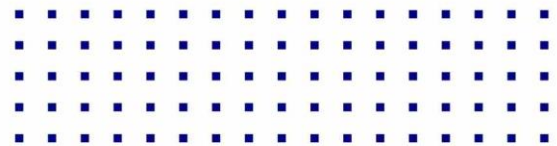
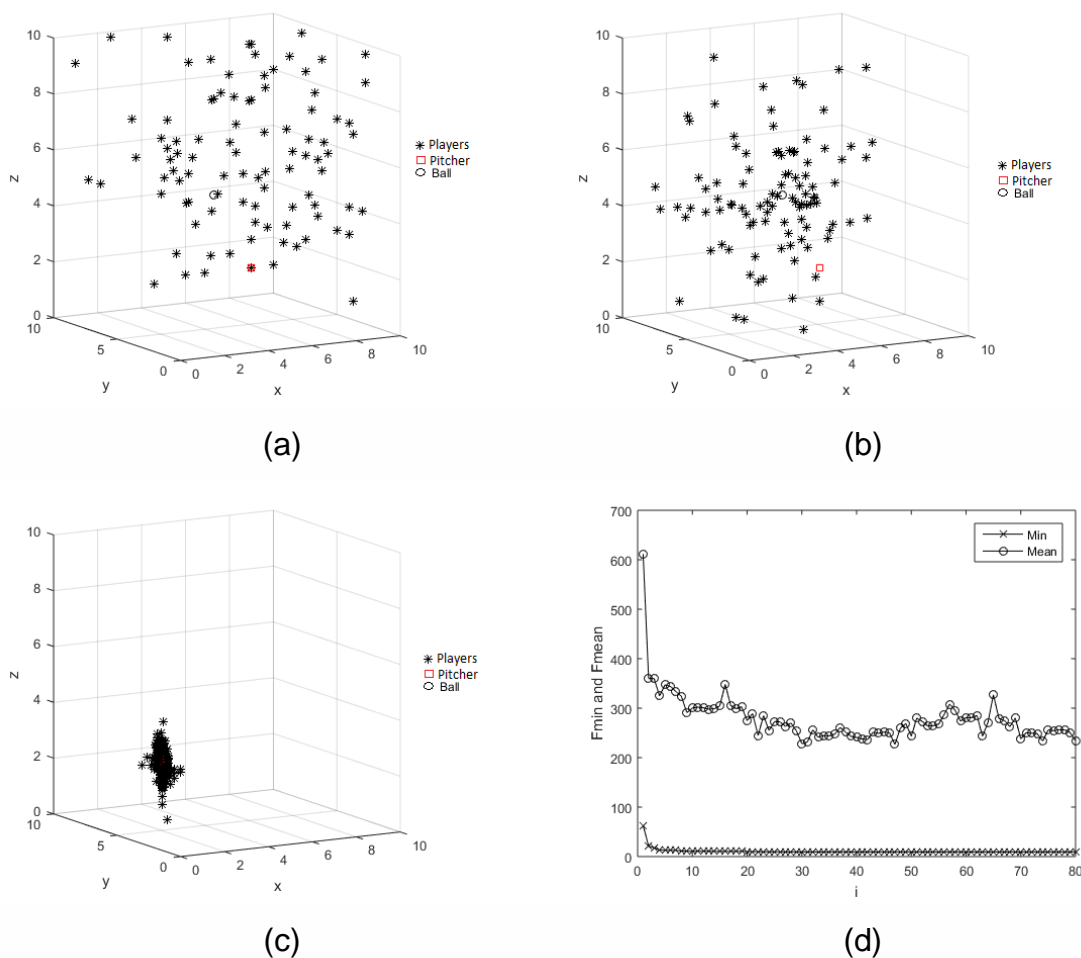


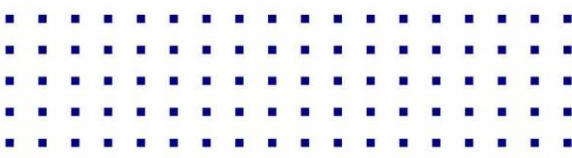
Figura 4 - Busca realizada pelo BGOA para a função f_3 . A linha contínua representa função f_1 (a) Passos 1, 2,3 e 4. (b) Passos 6, 7 e 8. (c) n iterações do BGOA (d) evolução do valor máximo e médio com o número de iterações



As Figuras 2, 3 e 4 revelam que o BGOA nos três casos determinou corretamente os pontos de máximo absoluto das funções f_1 e f_2 e o mínimo absoluto para a função f_3 . Sendo necessárias menos de 20 iterações, como BGOA possui operações matemáticas com a geração de números randômicos os perfis mostrados nas Figuras 2 a 4 sofrem variações para cada execução o que naturalmente altera o número de iterações para a convergência da busca.

O BGOA mostrou-se uma metaheurística eficaz, particularmente, as Figuras 2, 3 e 4(c) mostram que ao longo do processo iterativo as posições dos jogadores se concentram em torno da posição de melhor avaliação da função objetivo seja para o ponto de máximo ou de mínimo global.

Especificadamente para a função f_1 , observa-se na Figura 2 (a) que o jogador que lançou a bola teve um alto valor de avaliação de f_1 , ou seja, fisicamente, dentre



CAPÍTULO 4

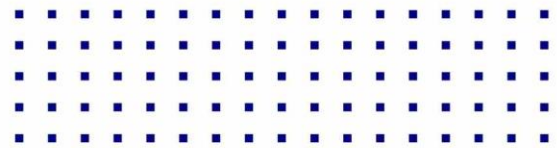
os jogadores ele está bem próximo da posição do cesto. Após o arremesso a bola caiu em uma posição melhor que dos outros jogadores, como mostra a Figura 2(a), o que era esperado com a operação de rebotes do Passo 5. Subsequentemente, os jogadores assumiram posições melhores ainda quando partem em direção da bola, Figura 2(b). Ao longo do processo os jogadores se concentram na posição de $f1_{max}$ (1,851486). Essencialmente, os mesmos comentários deste parágrafo podem ser feitos para os resultados obtidos com as funções $f2$ e $f3$.

Faz-se importante comentar que neste trabalho os resultados foram obtidos utilizando como número de jogadores o valor de 10 vezes o valor de variáveis independentes das funções testadas e 5 para o número máximo de rebotes para cada ciclo iterativo. As demais constantes, C1 a C5 podem ser ajustadas, bem como o número de jogadores e de rebotes para um caso específico e potencialmente obter um melhor desempenho em termos de tempo de processamento e convergência.

CONCLUSÕES

Um novo algoritmo metaheurístico, chamado de BGOA, foi proposto com a mimetização de sete eventos de uma partida real de basquete. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o BGOA é constituído de operações simples, eficientes e de fácil implementação computacional, não envolvendo operações matemáticas complexas. O BGOA mostrou-se uma metaheurística eficaz para os casos testados, mostrando que ao longo do processo iterativo as posições dos jogadores, ou seja, os pontos testados de procura convergem em torno do ponto ótimo da função objetivo.

CAPÍTULO 4



REFERÊNCIAS

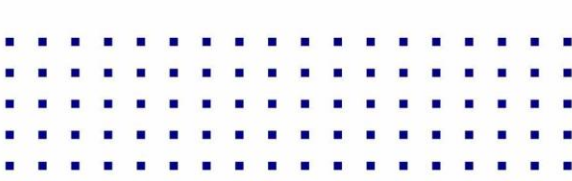
GAMBARDELLA, L. M.; DORIGO, M. Solving symmetric and asymmetric TSPs by ant colonies. **IEEE** p. 622–627, 1996.

HOLLAND, J. H. Outline for a Logical Theory of Adaptive Systems. **J. ACM**, v. 9, n. 3, p. 297–314, 1962.

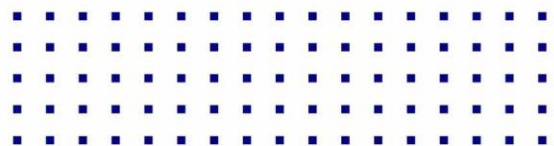
KENNEDY, J.; EBERHART, R. Particle Swarm Optimization. **Proceedings** of IEEE International Conference on Neural Networks. IV, p. 1942–1948, 1995.

METROPOLIS, NI.; ROSENBLUTH, A. W.; ROSENBLUTH, M. N.; TELLER, A. H.; TELLER, E. Equation of State Calculations by Fast Computing Machines. **The Journal of Chemical Physics**, v. 21, n. 6, p. 1087–1092, 1953.

GOLDBARG, M.; LUNA, H.; GOLDBARG, Elizabeth. **Otimização combinatória e metaheurísticas: algoritmos e Aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2016. Acesso em: 26 dez 2017.



ÍNDICE REMISSIVO



A

Acessibilidade.....	31
Algoritmos.....	20, 69, 71, 80
Aprendizagem em máquina	20
Automação.....	15, 16, 26, 34, 36, 37, 38, 42, 62

C

Competência.....	24, 59
Comportamento.....	17, 38, 69, 75, 76
Comunicação.....	13, 16, 19, 20, 21, 23, 35, 39, 40
Consumidor	32, 33, 38, 40

D

Digital.....	12, 13, 17, 19, 20, 24, 27, 34, 35, 47
--------------	--

E

Eficiência.....	13, 17, 20, 24, 30, 32, 39, 42, 46, 60
Empresas.....	9, 11, 13, 22, 24, 26, 37, 39, 51, 53, 58, 60, 63
Estratégia.....	50
Evolução	26, 31, 35, 54, 57, 59, 69, 76, 77, 78

F

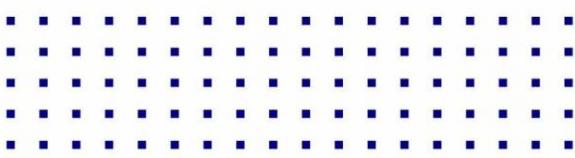
Fábricas inteligentes.....	8
Físico-cibernéticos.....	8, 9, 11

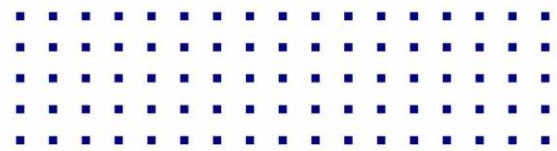
G

Gestão	9, 25, 40, 51, 61
Governo	9

H

Habilidades.....	21, 25, 31
------------------	------------





I

Implantação	9, 11, 20, 23, 36, 52
Implementação	8, 16, 22, 23, 32, 34, 39, 68, 69, 79
Indústria	8, 9, 11, 17, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 33, 34, 36, 39, 48, 51, 59, 60
Indústria 4.0	8, 9, 10, 11, 16, 17, 22, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 46, 48
<i>Industrie</i>	8, 9, 10, 11, 22, 23, 24, 26, 27, 43, 46, 47, 48
Internet das coisas	8, 19, 20

L

Lean	30, 31, 32, 33, 36, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 56, 64
Lean 4.0	30, 42, 44, 45, 47
<i>Lean production</i>	30, 31, 32, 36, 42, 46, 47, 48
<i>Lean production system</i>	30, 31, 32, 36, 42, 46

M

Manufatura	8, 9, 22, 26, 32, 36, 37, 38, 39, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63
Manufatura	35, 37, 39, 50
Máquinas	9, 11, 13, 14, 22, 38
Máximo	71, 72, 76, 77, 78, 79
Mínimo	32, 33, 73, 78

N

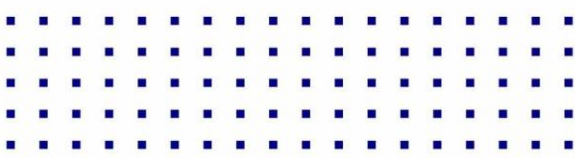
Novos negócios	21
----------------------	----

O

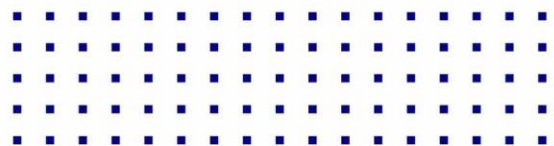
Otimização	38, 68, 69, 71, 75
Otimização	40, 68, 80
Otimizar	17

P

Paradigma	50
Pesquisa bibliográfica	10
Probabilidade	72
Processo	8, 12, 17, 18, 19, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 51, 53, 61, 69, 76, 78, 79
Processos	8, 11, 12, 15, 16, 21, 23, 24, 30, 32, 36, 38, 51, 53, 61, 62



ÍNDICE REMISSIVO



Produtos..... 8, 9, 10, 11, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 33, 34, 38, 39, 40, 52, 53, 56

Q

Qualidade 17, 20, 23, 26, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 53, 60, 73

R

Revisão 2, 3, 10, 27, 50

Revisão de literatura..... 10, 62

Revolução industrial 8, 9, 12, 30, 31, 34

S

Serviços9, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 38, 39, 59, 61

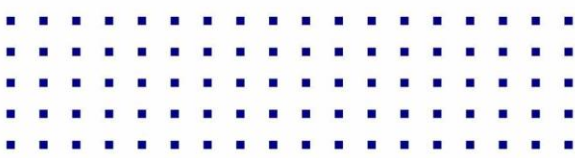
Sistemas 8, 9, 11, 15, 41, 57, 59

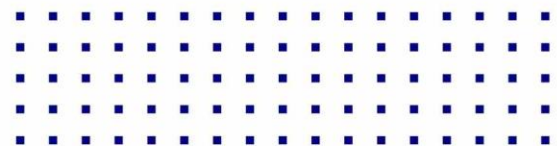
Software..... 13, 20, 21, 38

Sustentabilidade 12

T

Tecnologias 8, 12, 13, 22, 26, 35, 37, 39, 42





LUIZ HENRIQUE DOMINGUES

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão da Produção e Manutenção e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui especialização em Docência no Ensino Superior pelo UNICESUMAR, graduou em Automação Industrial pela UTFPR e graduando em Engenharia de Produção pela UNICESUMAR. Ministração no Centro Universitário Santa Amélia em diversas disciplinas nos cursos de Gestão de Produção Industrial e Gestão de Recursos Humanos tais como, Automação para a Produção, Tópicos Especiais em Produção (Híbrida), Gestão da Produção, Segurança no Trabalho e Ergonomia e negociação (EaD). Ministração na Universidade UNOPAR em diversas disciplinas nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Civil tais como, Acionamento de Motores Elétricos, Acionamentos Elétricos Hidráulicos e Pneumáticos, Circuitos Elétricos, Controle e Automação de Processos Industriais, Conversão Eletromecânica de Energia, Eletrônica e Circuitos de Potência, Instalações Elétricas, Instrumentação Eletroeletrônica, Máquinas Elétricas e Transformadores I, Máquinas Elétricas e Sistemas Elétricos de Potência.

